

## SISTEMA TANGENZIALE DI LUCCA

Viabilità Est di Lucca comprendente i collegamenti  
tra Ponte a Moriano ed i caselli dell'autostrada A11  
del Frizzone e di Lucca Est - 1° Stralcio

### PROGETTO DEFINITIVO

**PROGETTAZIONE: ANAS - DIREZIONE PROGETTAZIONE E REALIZZAZIONE LAVORI**

**I PROGETTISTI:**

*Ing. Vincenzo Marzi*  
*Ordine Ing. di Bari n. 3594*

*Ing. Giuseppe Danilo Malgeri*  
*Ordine Ing. di Roma n. A34610*

*Geol. Serena Majetta*  
*Ordine Geologi del Lazio n. 928*

**IL COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE**

*Geom. Fabio Quondam*

**VISTO: IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO :**

*Ing. Achille Devitofranceschi*

PROTOCOLLO

DATA

## IDROLOGIA E IDRAULICA

### Relazione di compatibilità Idraulica

| CODICE PROGETTO |             | NOME FILE |                             | REVISIONE | SCALA                |
|-----------------|-------------|-----------|-----------------------------|-----------|----------------------|
| PROGETTO        | LIV. PROG.  | N. PROG.  | T00ID00IDRRE02A.dwg         |           |                      |
| LO601A          | D           | 1601      | CODICE ELAB. T00ID00IDRRE02 | A         |                      |
| D               |             |           |                             |           |                      |
| C               |             |           |                             |           |                      |
| B               |             |           |                             |           |                      |
| A               | EMISSIONE   |           | SET 2018                    |           |                      |
| REV.            | DESCRIZIONE |           | DATA                        | REDATTO   | VERIFICATO APPROVATO |

## Sommario

|       |   |    |
|-------|---|----|
| 1     | PREMESSE .....  | 8  |
| 2     | QUADRO NORMATIVO E PRESCRIZIONI.....  | 9  |
| 2.1   | Prescrizioni del Ministero Infrastrutture e Trasporti – NTC 2018.....   | 9  |
| 2.2   | Indicazioni contenute all'interno delle Disciplina di Piano dell'AdB Distrettuale dell'Appennino Settentrionale (UOA Arno – PGRA; Variante Funzionale all'adeguamento del PAI del fiume Serchio al PGRA)..... | 10 |
| 2.2.1 | Direttiva 10 - Indirizzi tecnici per la redazione di studi e verifiche idrauliche ....  | 11 |
| 2.3   | Prescrizioni CIPE .....   | 13 |
| 3     | INTERFERENZE INDIVIDUATE TRA RETICOLO SUPERFICIALE E TRACCIATI DI PROGETTO E LORO RISOLUZIONE .....   | 19 |
| 3.1   | Premessa .....  | 19 |
| 3.2   | Il reticolo Idrografico.....  | 21 |
| 3.3   | Il reticolo Irriguo.....  | 25 |
| 3.4   | Reticolo minore di scolo e Reticolo fognario comunale (o altro reticolo) .....  | 31 |
| 3.5   | Aspetti autorizzativi – Enti preposti al rilascio di pareri e autorizzazioni .....  | 31 |
| 4     | INQUADRAMENTO DELL'AREA DI PROGETTO ALL'INTERNO DEL PGRA .....  | 33 |
| 4.1   | Pericolosità Idraulica .....  | 33 |
| 4.1.1 | Aree a Pericolosità P2 e P3.....  | 35 |
| 4.2   | Rischio Idraulico.....  | 37 |
| 4.3   | Osservazioni in merito alle scelte progettuali dal punto di vista del rischio idraulico   | 39 |
| 4.3.1 | Non trasferimento Rischio a valle (in aree P2 e P3): .....  | 40 |
| 4.3.2 | Non aggravio di rischio per Sottrazione Volumi (in aree P2 e P3).....   | 41 |
| 5     | ANALISI IDRAULICA E VERIFICHE RELATIVE AL FIUME SERCHIO .....   | 43 |
| 5.1.1 | Valori di portata utilizzati .....  | 44 |
| 5.1.2 | Risultati ottenuti.....   | 45 |
| 6     | ANALISI IDRAULICA E VERIFICHE RELATIVE AL CANALE OZZORETTO .....  | 47 |
| 6.1   | Premessa.....   | 47 |
| 6.2   | Analisi idraulica con modello monodimensionale del Canale Ozzoretto.....  | 47 |
| 6.2.1 | Valori di portata utilizzati .....  | 50 |

|       |  |     |
|-------|--|-----|
| 6.2.2 | Verifiche scenario 1 - ante operam.....  | 50  |
| 6.2.3 | Verifiche relative allo scenario 3 di adeguamento del corso d'acqua.....             | 53  |
| 6.2.4 | Verifiche scenario 2 - post operam.....  | 56  |
| 6.3   | Analisi idraulica con modello bidimensionale del bacino del Canale Ozzoretto.....    | 57  |
| 6.3.1 | Il modello idraulico bidimensionale del Canale Ozzoretto.....                        | 58  |
| 6.3.2 | La geometria del modello.....  | 59  |
| 6.3.3 | Verifiche ante operam.....   | 61  |
| 6.3.4 | Verifiche post operam – scenario di progetto.....                                    | 66  |
| 6.4   | Stima degli scalzamenti attesi in corrispondenza delle pile dei viadotto Ozzoretto . | 74  |
| 6.4.1 | Premessa.....  | 74  |
| 6.4.2 | Verifiche.....   | 76  |
| 7     | VERIFICHE RELATIVE AL RIO ARPINO E RIO DEL FRIZZONE.....                             | 80  |
| 7.1   | Analisi idraulica con modello monodimensionale del Rio Arpino.....                   | 80  |
| 7.1.1 | Verifiche scenario 1 - ante operam.....  | 82  |
| 7.1.2 | Verifiche relative allo scenario di adeguamento del corso d'acqua.....               | 83  |
| 7.1.3 | Verifiche scenario 3 - post operam.....  | 86  |
| 7.2   | Analisi idraulica con modello monodimensionale del Rio del Frizzone.....             | 88  |
| 7.2.1 | Verifiche scenario 1 - ante operam.....  | 90  |
| 7.2.2 | Verifiche relative allo scenario 3 di adeguamento del corso d'acqua.....             | 91  |
| 7.2.3 | Verifiche scenario 2 - post operam.....  | 94  |
| 7.3   | Analisi idraulica con modello bidimensionale del Rio Arpino e del Rio del Frizzone   | 97  |
| 7.3.1 | La geometria del modello.....  | 98  |
| 7.3.2 | Verifiche scenario 1 ante operam.....  | 99  |
| 7.3.3 | Verifiche post operam – scenario “intermedio”.....                                   | 102 |
| 8     | SINTESI DEI RISULTATI E CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE.....                               | 108 |
|       | ALLEGATO 1: DESCRIZIONE DEL CODICE DI CALCOLO HEC-RAS.....                           | 115 |
|       | ALLEGATO 2: DESCRIZIONE DEL MODELLO BIDIMENSIONALE INFOWORKS ICM ....                | 124 |
|       | ALLEGATO 3: TABELLA DELLE INTERFERENZE E DELLE DEVIAZIONI .....                      | 129 |
|       | ALLEGATO 5: RISULTATI SIMULAZIONI 2d OZZORETTO – POST OPERAM – ALTERNATIVA 1.....    | 130 |
|       | ALLEGATO 6: DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA .....   | 131 |

## INDICE DELLE FIGURE

|            |  |    |
|------------|--|----|
| Figura 1.  | Rotatoria S.S.12 / Fiume Serchio.....  | 22 |
| Figura 2.  | Canale Ozzoretto in corrispondenza di Svincolo Antraccoli-Asse OvestEst .....  | 23 |
| Figura 3.  | Rio Arpino in corrispondenza della S.P. Romana (asse Est-Ovest) .....  | 23 |
| Figura 4.  | Rio del Frizzone in corrispondenza della S.P. Romana e via del Frizzone (asse Est-Ovest) 24  |    |
| Figura 5.  | Interferenza del reticolo irriguo con gli assi Nord-Sud e Ovest-Est di progetto ....   | 26 |
| Figura 6.  | Tipologico Opera Scatolare tipo 1 – Sezione trasversale .....  | 28 |
| Figura 7.  | Tipologico Opera Scatolare tipo 2 - Sezione trasversale.....   | 28 |
| Figura 8.  | Corografia dell'intervento in progetto in sovrapposizione alla cartografia del PGRA dell'Autorità di bacino distrettuale dell'Appennino Settentrionale indicante la classificazione di pericolosità della aree soggette a rischio di allagamento.....  | 34 |
| Figura 9.  | Stralcio della cartografia del PGRA dell'Autorità di bacino distrettuale dell'Appennino Settentrionale indicante la classificazione di pericolosità della aree soggette a rischio di allagamento: particolare dall'asse OE in corrispondenza del viadotto di attraversamento del canale Ozzoretto .....    | 35 |
| Figura 10. | Stralcio della cartografia del PGRA dell'Autorità di bacino distrettuale dell'Appennino Settentrionale indicante la classificazione di pericolosità della aree soggette a rischio di allagamento: particolare dall'asse OE in corrispondenza della rotatoria di collegamento alla viabilità esistente..... | 36 |
| Figura 11. | Stralcio della cartografia del PGRA dell'Autorità di bacino distrettuale dell'Appennino Settentrionale indicante la classificazione di pericolosità della aree soggette a rischio di allagamento: particolare dall'asse EO nel tratto attraversato dai bacini del Frizzone e Arpino 37                     |    |
| Figura 12. | Estratto della carta del Rischio in sovrapposizione al tracciato di progetto (linea blu). 38   |    |
| Figura 13. | Schema planimetrico del modello idraulico del fiume Serchio implementato ...   | 44 |
| Figura 14. | Tabella estratta dalla relazione di Piano del PAI fiume Serchio (pag.190) – 2012 45  |    |
| Figura 15. | Sezione posta in corrispondenza della rotatoria di progetto di innesto alla SS12 45  |    |
| Figura 16. | Estratto della carta di allagamento dell'Autorità di bacino fiume Serchio relativa allo scenario Tr=200 anni .....   | 46 |
| Figura 17. | Schema planimetrico del modello idraulico monodimensionale del Canale Ozzoretto 49   |    |

|            |   |    |
|------------|---|----|
| Figura 18. | Profilo longitudinale del Canale Ozzoretto – stato attuale. Q=1 mc/s (linea blu continua), Q=5 mc/s (linea rossa); Q=10 mc/s (linea blu tratteggiata).....  | 51 |
| Figura 19. | Ponte di Via Madonnina (nord) - asse NS progr stradale km 4+840 .....   | 51 |
| Figura 20. | Attraversamento privato .....   | 51 |
| Figura 21. | Ponte di Via Dei Marchi - asse NS progr stradale km 5+100 .....   | 52 |
| Figura 22. | Rotatoria di Antraccoli .....   | 52 |
| Figura 23. | Via Francigena .....  | 52 |
| Figura 24. | Via Madonnina (SUD) – asse OE progr. Stradale km 0+125 .....  | 52 |
| Figura 25. | Profilo longitudinale del Canale Ozzoretto nella configurazione di adeguamento del corso d'acqua – Q = Tr200 .....  | 53 |
| Figura 26. | Sezione tratto RS1830-RS220 .....   | 54 |
| Figura 27. | Sezione tratto RS220-RS0 .....  | 54 |
| Figura 28. | Planimetria e sezioni del manufatto di attraversamento del Canale Ozzoretto alla rotatoria di Antraccoli.....   | 55 |
| Figura 29. | Stralcio planimetrico e sezione del manufatto di attraversamento del Canale Ozzoretto lungo Via Madonnina .....   | 56 |
| Figura 30. | Profilo longitudinale del Canale Ozzoretto – Q = Tr30 anni. Confronto tra configurazione attuale (linea blu) e configurazione post operam (linea rossa) .....   | 56 |
| Figura 31. | Profilo longitudinale del Canale Ozzoretto – Q = Tr100 anni. Confronto tra configurazione attuale (linea blu) e configurazione post operam (linea rossa) .....  | 57 |
| Figura 32. | Profilo longitudinale del Canale Ozzoretto – Q = Tr200 anni. Confronto tra configurazione attuale (linea blu) e configurazione post operam (linea rossa) .....  | 57 |
| Figura 33. | Schema planimetrico del modello idraulico: in giallo il dominio di calcolo del modello monodimensionale, in verde scuro l'area del dominio di calcolo del modello bidimensionale .....  | 59 |
| Figura 34. | Particolare della mesh di calcolo a celle triangolari. Si individua l'asta del Canale Ozzoretto modellata in 1D (area priva di mesh). In verde gli edifici considerati come elementi impermeabili. In rosa la zona a scabrezza Ks 40..... | 60 |
| Figura 35. | Idrogrammi idrologici per Tr=200 anni relativi al sottobacino OZZ_1 per le componenti del modello 1D, alveo dell'Ozzoretto, e 2D. Gli idrogrammi relativi alla componente 2D sono applicati nei punti sorgente 2D_1 e 2D_2 .....          | 62 |
| Figura 36. | Idrogramma idrologici per Tr=200 anni relativo al sottobacino OZZ_2 applicato nei punti sorgente 2D_3 e 2D_4 .....  | 62 |
| Figura 37. | Dominio di calcolo 2D con l'indicazione dei 4 punti sorgente 2D individuati.....  | 63 |
| Figura 38. | Aree soggette ad allagamento nel bacino dell'Ozzoretto per Tr=200 anni per effetto degli idrogrammi idrologici relativi ai sottobacini Ozz_1 e Ozz_2 .....  | 64 |

|            |   |    |
|------------|---|----|
| Figura 39. | Tiranti idrici (m) relativi al bacino dell'Ozzoretto allo stato attuale per $Tr=200$ anni.  | 65 |
| Figura 40. | Carta delle velocità (m/s) relative al bacino dell'Ozzoretto allo stato attuale per $Tr=200$ anni.  | 66 |
| Figura 41. | Aree soggette ad allagamento nel bacino dell'Ozzoretto per $Tr=200$ anni per effetto degli idrogrammi idrologici relativi ai sottobacini Ozz_1 e Ozz_2 nella configurazione di progetto   | 67 |
| Figura 42. | Tiranti idrici (m) relativi al bacino dell'Ozzoretto nella configurazione di progetto per $Tr=200$ anni.....  | 68 |
| Figura 43. | Differenza tra i tiranti idrici (m) relativi al bacino dell'Ozzoretto per $Tr=200$ anni nella configurazione di progetto e in quella attuale. In verde differenze positive ( $h_{progetto} > h_{attuale}$ ), in violetto differenze negative ( $h_{progetto} < h_{attuale}$ ) ..... | 70 |
| Figura 44. | Carta delle velocità (m/s) relative al bacino dell'Ozzoretto nello stato di progetto per $Tr=200$ anni.....   | 73 |
| Figura 45. | Stralcio carta dei battenti relativi al bacino dell'Ozzoretto nello stato di progetto per $Tr=200$ anni.....  | 75 |
| Figura 46. | Schema planimetrico del modello idraulico monodimensionale del Rio Arpino   | 81 |
| Figura 47. | Profilo longitudinale del Rio Arpino – stato attuale. Q30 linea blu continua, Q100 linea rossa e Q200 linea tratteggiata. ....  | 82 |
| Figura 48. | Ponte Via Romana – Rio Arpino (vista da valle) .....  | 83 |
| Figura 49. | Vista da monte .....  | 83 |
| Figura 50. | Sezione tratto RS25-RS21 .....  | 84 |
| Figura 51. | Sezione tratto RS21-RS14 .....  | 84 |
| Figura 52. | Sezione di progetto del manufatto di attraversamento del Rio Arpino.....  | 84 |
| Figura 53. | Planimetria e sezione del manufatto di attraversamento del Rio Arpino sotto la via Romana   | 85 |
| Figura 54. | Profilo longitudinale del Rio Arpino nello scenario di adeguamento del corso d'acqua tra la SP Romana e la via dell'Arpino – Q200.....  | 86 |
| Figura 55. | Profilo longitudinale del Rio Arpino – $Q = Tr30$ anni. Confronto tra configurazione attuale (linea blu) e configurazione post operam (linea rossa) .....   | 87 |
| Figura 56. | Profilo longitudinale del Rio Arpino – $Q = Tr100$ anni. Confronto tra configurazione attuale (linea blu) e configurazione post operam (linea rossa) .....  | 87 |
| Figura 57. | Profilo longitudinale del Rio Arpino – $Q = Tr200$ anni. Confronto tra configurazione attuale (linea blu) e configurazione post operam (linea rossa) .....  | 88 |
| Figura 58. | Schema planimetrico del modello idraulico monodimensionale del Rio Frizzone   | 89 |

|            |  |     |
|------------|--|-----|
| Figura 59. | Profilo longitudinale del Rio Frizzone nella configurazione attuale: Q30 linea blu continua, Q100 linea rossa e Q200 linea tratteggiata. ....  | 90  |
| Figura 60. | Attraversamento esistente via SP Romana – tombino di monte .....   | 90  |
| Figura 61. | Attraversamento esistente rotonda Via SP Romana-Via del Frizzone .....   | 91  |
| Figura 62. | Attraversamento esistente privato .....  | 91  |
| Figura 63. | Attraversamento esistente RFI – ferrovia PI-Lu .....   | 91  |
| Figura 64. | Sezione tipo di progetto nel tratto oggetto di adeguamento tratto RS65.8 – RS49<br>92  |     |
| Figura 65. | Sezione tipo di progetto nel tratto oggetto di adeguamento tratto RS49 – RS30<br>92  |     |
| Figura 66. | Sezione di progetto attraversamento via Romana .....   | 92  |
| Figura 67. | Planimetria e sezione del manufatto di attraversamento del Rio Arpino sotto la via Romana  | 93  |
| Figura 68. | Profilo longitudinale del Rio Frizzone nello scenario di adeguamento del corso d'acqua – Q200.....   | 94  |
| Figura 69. | Sezioni del tratto di Rio Frizzone in deviazione .....   | 95  |
| Figura 70. | Profilo longitudinale del Rio Frizzone – Q = Tr30 anni. Confronto tra configurazione attuale (linea blu) e configurazione post operam (linea rossa) .....                              | 96  |
| Figura 71. | Profilo longitudinale del Rio Frizzone – Q = Tr100 anni. Confronto tra configurazione attuale (linea blu) e configurazione post operam (linea rossa) .....                             | 96  |
| Figura 72. | Profilo longitudinale del Rio Frizzone – Q = Tr200 anni. Confronto tra configurazione attuale (linea blu) e configurazione post operam (linea rossa) .....                             | 97  |
| Figura 73. | Schema planimetrico del modello idraulico: in giallo il dominio di calcolo del modello monodimensionale, in verde scuro l'area del dominio di calcolo del modello bidimensionale ..... | 98  |
| Figura 74. | Idrogrammi di progetto utilizzati per le verifiche 2D, per Tr=200 anni .....   | 99  |
| Figura 75. | Aree soggette ad allagamento nei bacini del Frizzone e Arpino per Tr=200 anni nello stato attuale .....  | 100 |
| Figura 76. | Tiranti idrici (m) relativi ai bacini del Frizzone dell'Arpino nella configurazione attuale per Tr=200 anni .....  | 101 |
| Figura 77. | Carta delle velocità (m/s) relative al bacino del Frizzone e Arpino nello stato attuale per Tr=200 anni. ....  | 102 |
| Figura 78. | Aree soggette ad allagamento nei bacini del Frizzone e Arpino per Tr=200 anni nella configurazione di progetto .....   | 103 |
| Figura 79. | Tiranti idrici (m) relativi ai bacini del Frizzone dell'Arpino nella configurazione di progetto per Tr=200 anni.....   | 104 |

Figura 80. Differenza tra i tiranti idrici (m) relativi al bacino del Rio Arpino e Rio Frizzone per  $Tr=200$  anni nella configurazione di progetto e in quella attuale. In verde differenze positive ( $h_{progetto} > h_{attuale}$ ), in violetto differenze negative ( $h_{progetto} < h_{attuale}$ ).....105

Figura 81. Carta delle velocità (m/s) relative al bacino del Frizzone e Arpino nello stato di progetto per  $Tr=200$  anni.....106

## 1 PREMESSE

Il presente documento riferisce lo studio idraulico eseguito nell'ambito della progettazione definitiva per la realizzazione del *Sistema tangenziale di Lucca - Viabilità EST di Lucca comprendente i collegamenti tra Ponte a Moriano ed i caselli dell'autostrada A11 del Frizzone e di Lucca EST - 1° stralcio funzionale*, per la valutazione delle interferenze dei tracciati con il reticolo idrografico superficiale e lo studio di compatibilità idraulica.

Le analisi effettuate approfondiscono lo studio idraulico precedentemente prodotto nell'ambito della progettazione preliminare dell'intervento. In particolare sono state recepite le prescrizioni contenute nella delibera del C.I.P.E. n°38/2016 di approvazione del progetto preliminare.

Nel prosieguo della presente relazione saranno innanzitutto fornite

- indicazioni circa l'attuale assetto normativo e di pianificazione (cap. 2 e 3), a livello nazionale e regionale;
- individuazione delle interferenze tra reticolo superficiale e tracciati di progetto e loro risoluzione (cap. 4).

Quindi si passerà all'analisi idraulica dei corsi d'acqua del reticolo principale (F. Serchio) e secondario (Canale Ozzoretto, Rio Arpino e Rio del Frizzone), per i quali è stata effettuata un'attenta e approfondita indagine al fine di verificare la compatibilità idraulica dell'opera. In particolare

- sono state analizzate le condizioni di rischio di allagamento a diverso tempo di ritorno ( $T_r = 30, 100, 200$  anni) attraverso l'implementazione di modelli idraulici monodimensionali per il tracciamento dei profili di corrente in moto permanente (tramite software HecRAS 5.0.3, rif. *Allegato 1*)
- Solo per i corsi d'acqua Ozzoretto, Arpino e Frizzone, al fine di analizzare meglio le dinamiche di allagamento delle aree limitrofe ai canali, è stata eseguita un'analisi di modellazione bidimensionale (tramite software Infoworks ICM, rif. *Allegato 2*).

In merito alla stima dei parametri idrologici di riferimento utilizzati nelle modellazioni idrauliche si rimanda ad apposito studio rappresentato nella *Relazione Idrologica* (elab. *T00ID00IDRRE01A*).

Il tema dell'idraulica di piattaforma verrà affrontato invece nell'elaborato *T00ID00IDRRE03A*, definendo i criteri di progetto e caratteristiche dimensionali e tecniche degli elementi idraulici previsti per il drenaggio della superficie stradale e delle opere idrauliche necessarie al presidio idraulico dell'infrastruttura.

## 2 QUADRO NORMATIVO E PRESCRIZIONI

### 2.1 Prescrizioni del Ministero Infrastrutture e Trasporti – NTC 2018

I riferimenti normativi ai quali ci si deve attenere per la progettazione degli attraversamenti fluviali sono il DM 14/01/08, più noto come “Norme Tecniche per le Costruzioni”, e successivamente la Circolare esplicativa n. 617 del 2-2-2009 che ha integrato in alcune parti, riguardanti prevalentemente le azioni da prevedere per i calcoli statici, le norme dei precedenti decreti.

Recentemente sono state emanate le NTC 2018 in aggiornamento al DM 14/01/2008.

Le NTC 2018 (Norme Tecniche per le Costruzioni) sono state pubblicate in Gazzetta Ufficiale il 20 febbraio, con Decreto del Ministero delle Infrastrutture del 17 gennaio 2018. Le NTC sono entrate in vigore 30 giorni dopo, cioè il 22 marzo 2018. Le Norme tecniche per le costruzioni sono composte da due parti: decreto (tre articoli più un allegato da 12 capitoli) e circolare, che deve essere ancora pubblicata.

Le norme prescrivono di assumere normalmente quale portata di progetto quella corrispondente a un tempo di ritorno pari a duecento anni per la quale i calcoli idraulici dovranno verificare la sussistenza di un franco minimo tra il livello di massima piena e l'impalcato del ponte non inferiore a 1,5 m.

Qualora fosse necessario realizzare pile in alveo, la luce netta minima tra pile contigue, o fra pila e spalla del ponte, non deve essere inferiore a 40 m misurati ortogonalmente al filone principale della corrente. Nei casi in cui l'intradosso delle strutture non sia costituito da un'unica linea orizzontale tra gli appoggi, il franco idraulico deve essere assicurato per una ampiezza centrale di 2/3 della luce, e comunque non inferiore a 40 m.

Viene inoltre suggerito di stimare la frequenza probabile dell'evento di piena che dà luogo all'annullamento del franco ed in ogni caso si stabilisce che, per i corsi d'acqua arginati, la quota di sottotrave del ponte deve essere non inferiore a quella della sommità arginale.

Nello studio idraulico dell'opera, devono essere oggetto d'indagine i seguenti problemi: classificazione del corso d'acqua ai fini dell'esercizio della navigazione interna; valutazione dello scavo localizzato con riferimento alle forme ed alle dimensioni delle pile, delle spalle, delle fondazioni nonché dei rilevati; valutazione degli effetti dovuti all'eventuale presenza di correnti veloci; esame delle conseguenze della presenza di eventuali corpi natanti, flottanti e trasportati dalle acque, ove ricorra detta possibilità, nonché delle conseguenze di eventuali ostruzioni delle luci, specie se queste possono creare invasi anche temporanei a monte, sia in fase costruttiva, sia durante l'esercizio delle opere. In situazioni particolarmente complesse si suggerisce di sviluppare le indagini anche con l'ausilio di modelli fisici in scala ridotta.

Nel complesso, le norme emanate dal Ministero dei Lavori Pubblici fissano il quadro di riferimento per lo sviluppo della relazione sugli aspetti idrologici, idrografici ed idraulici prescritta a corredo della progettazione dell'attraversamento fluviale, delineando anche i criteri generali che devono guidare l'articolazione di tale relazione.

## **2.2 Indicazioni contenute all'interno delle Disciplina di Piano dell'AdB Distrettuale dell'Appennino Settentrionale (UOA Arno – PGRA; Variante Funzionale all'adeguamento del PAI del fiume Serchio al PGRA)**

Il Piano di gestione del rischio di alluvioni (di seguito denominato PGRA) delle Units of management (U.O.M.) Arno, Toscana Nord, Toscana Costa e Ombrone, è redatto ai sensi della direttiva 2007/60/CE e del decreto legislativo 23 febbraio 2010, n. 49 ed è finalizzato alla gestione del rischio di alluvioni nel territorio delle U.O.M. Arno, Toscana Nord, Toscana Costa e Ombrone.

Il PGRA delle U.O.M. Arno, Toscana Nord, Toscana Costa e Ombrone costituisce, ai sensi dell'art. 65 comma 8 del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152 uno stralcio territoriale e funzionale del Piano di bacino distrettuale del distretto idrografico dell'Appennino Settentrionale, di seguito denominato Piano di bacino.

Nelle aree P3, per le finalità di cui all'art. 1 sono da consentire gli interventi che possano essere realizzati in condizioni di gestione del rischio idraulico, con riferimento agli obiettivi di cui all'art. 1 comma 4, fatto salvo quanto previsto ai commi 2 e 3.

Nelle aree P3 per le finalità di cui all'art. 1, l'Autorità di bacino si esprime sugli interventi di seguito elencati, in merito alla compatibilità degli stessi con il raggiungimento degli obiettivi di PGRA delle U.O.M. Arno, Toscana Nord, Toscana Costa e Ombrone:

- a) misure di protezione previste dal PGRA delle U.O.M. Arno, Toscana Nord, Toscana Costa e Ombrone e misure previste dal PGA;
- b) interventi di sistemazione idraulica e geomorfologica, ad eccezione delle manutenzioni ordinarie, straordinarie e dei ripristini;
- c) interventi di ampliamento e ristrutturazione delle opere pubbliche o di interesse pubblico esistenti, riferite ai servizi essenziali, e della rete infrastrutturale primaria, nonché degli impianti di cui all'allegato VIII alla parte seconda del decreto legislativo n. 152/2006 dichiarati di interesse pubblico;
- d) nuovi interventi relativi alla rete infrastrutturale primaria, se non diversamente localizzabili;
- e) nuovi impianti di potabilizzazione e depurazione, compresi i servizi a rete e le infrastrutture

a questi connessi; nonché interventi di ampliamento, di ristrutturazione di tali impianti e infrastrutture.

Fatto salvo quanto previsto all'art. 14 comma 8, nelle aree P3 non sono consentite:

- a) previsioni di nuove opere pubbliche e di interesse pubblico riferite a servizi essenziali;
- b) previsioni di nuove aree destinate alla realizzazione di impianti di cui all'allegato VIII alla parte seconda del decreto legislativo n. 152/2006;
- c) previsioni che comportano la realizzazione di sottopassi e volumi interrati;

Nelle aree P2 per le finalità di cui all'art. 1 sono da consentire gli interventi che possano essere realizzati in condizioni di gestione del rischio idraulico, con riferimento agli obiettivi di cui all'art. 1 comma 4, fatto salvo quanto previsto ai commi seguenti del presente articolo e al successivo art. 10.

Nelle aree P2 per le finalità di cui all'art. 1, l'Autorità di bacino si esprime sugli interventi di seguito elencati, in merito alla compatibilità degli stessi con il raggiungimento degli obiettivi di PGRA delle U.O.M. Arno, Toscana Nord, Toscana Costa e Ombrone:

- a) misure di protezione previste dal PGRA delle U.O.M. Arno, Toscana Nord, Toscana Costa e Ombrone e misure previste dal PGA;
- b) interventi di sistemazione idraulica e geomorfologica, ad eccezione delle manutenzioni ordinarie, straordinarie e dei ripristini;
- c) interventi di ampliamento e ristrutturazione delle opere pubbliche o di interesse pubblico esistenti, riferite ai servizi essenziali, e della rete infrastrutturale primaria, nonché degli impianti di cui all'allegato VIII alla parte seconda del decreto legislativo n. 152/2006 dichiarati di interesse pubblico;
- d) nuovi interventi relativi alle opere pubbliche o di interesse pubblico riferite ai servizi essenziali e alla rete infrastrutturale primaria; e) interventi di ampliamento, di ristrutturazione e nuovi impianti di potabilizzazione e depurazione compresi i servizi a rete e le infrastrutture a questi connessi nonché gli impianti dichiarati di interesse pubblico di cui all'allegato VIII alla parte seconda del decreto legislativo n. 152/2006, compresi i servizi a rete e le infrastrutture a questi connessi.

Nelle aree P1 sono consentiti gli interventi previsti dagli strumenti urbanistici garantendo il rispetto delle condizioni di mitigazione e gestione del rischio idraulico.

### **2.2.1 Direttiva 10 - Indirizzi tecnici per la redazione di studi e verifiche idrauliche**

La direttiva 10 contiene le indicazioni tecniche relative all'esecuzione di studi, indagini, verifiche e valutazioni di carattere idrologico ed idraulico finalizzate a:

- progettazione e/o verifica degli effetti indotti da interventi ed opere di sistemazione idraulica o altri interventi comunque interferenti con la rete idraulica

- studi di pericolosità idraulica su aree specifiche

Scopo principale della direttiva è quello di indirizzare gli elaborati tecnici verso degli standards di riferimento e di definire i requisiti minimi di studi e verifiche idrauliche che i professionisti sono tenuti a presentare all'Autorità di Bacino al fine del rilascio del relativo parere di competenza.

Gli elaborati dovranno contenere adeguate indagini e relazioni tecniche di natura idrologico-idraulica che individuino correttamente e compiutamente le situazioni di fragilità e criticità presenti nell'area di interesse e le misure eventualmente proposte per il loro superamento.

Gli elaborati dovranno contestualizzare l'intervento ed illustrare gli effetti prevedibilmente indotti nella zona di intervento e nelle aree adiacenti in termini di pericolosità idraulica e di rischio.

La definizione delle grandezze idrologiche di progetto, quali portata al colmo e idrogramma di piena, necessarie per le verifiche idrauliche deve essere condotta in conformità al quadro conoscitivo del P.A.I. comprendente:

- studi idrologici ed idraulici di supporto alla redazione del P.A.I.
- studi di regionalizzazione delle portate di piena in Toscana (ALTO, Regione Toscana, anno 2000 e successivi aggiornamenti) e delle precipitazioni estreme
- altri studi idrologici e idraulici riguardanti i sottobacini di interesse validati ed acquisiti agli atti presso gli enti territorialmente competenti

In particolare, le considerazioni idrologiche riguardanti nuovi progetti dovranno tenere conto del più recente quadro conoscitivo che, nel caso delle precipitazioni estreme, alla data odierna è costituito dall'analisi di frequenza regionale aggiornata al 2012 e sviluppata nell'ambito dell'accordo di collaborazione tra Regione Toscana e Università di Firenze di cui alla DGRT 1133/2012. Gli scenari idrologici di riferimento da assumere per le verifiche idrauliche sono quelli che forniscono i risultati maggiormente cautelativi in termini di portata al colmo o di volumi di piena derivanti dalle fonti sopra citate. In caso di corsi d'acqua minori per cui non siano disponibili o aggiornati i risultati dei lavori esistenti, si può far ricorso a metodi di letteratura sintetici (ad es. metodo razionale, metodo Curve Number del Soil Conservation Service, ...) e/o a modelli numerici più dettagliati.

La scelta dell'approccio impiegato deve essere giustificato in riferimento alla scala spaziale del bacino simulato: metodi sintetici afflussi-deflussi sono solitamente ritenuti accettabili per bacini di estensione fino a qualche decina di kmq. Ad ogni modo, è sempre consigliabile produrre stime di portata ed idrogrammi di progetto implementando diverse metodologie e formulazioni (anche per i singoli parametri e variabili idrologiche quali, per esempio, il tempo di corrivazione del bacino, la forma dello ietogramma) e adottare i valori più cautelativi o comunque ritenuti appropriati dal progettista in base ad opportune considerazioni da motivarsi caso per caso. È

opportuno, ogni volta che ciò sia possibile, reperire misure dirette di portata locale con cui confrontare ed eventualmente calibrare i metodi idrologico-idraulici impiegati.

## 2.3 Prescrizioni CIPE

Il progetto preliminare dell'intervento in oggetto è stato approvato con prescrizioni e raccomandazioni da parte del C.I.P.E. con la delibera n°38 del 10/08/2016. Le prescrizioni relative agli aspetti progettuali sono riportate in Allegato 1 alla suddetta delibera, delle quali si riporta un estratto riguardante principalmente gli aspetti idrologici ed idraulici (per il quadro completo delle prescrizioni e le risposte alle stesse si rimanda **all'elaborato di Verifica di Ottemperanza**):

| Prescrizioni  |   |
|---|---|
| id  | Contenuto   |
| <b>1.1<br/>PRESCRIZIONI<br/>RELATIVE AGLI<br/>ASPETTI<br/>PROGETTUALI</b> | <b>PRESCRIZIONI RELATIVE AGLI ASPETTI PROGETTUALI</b>   |
| 1.1.2   | <b>Aspetti geologici, idrogeologici ed idraulici.</b>   |
| a.  | Effettuare un nuovo studio idraulico ed idrologico ed adeguare ad esso le soluzioni adottate nei confronti delle problematiche idrauliche che dovranno essere cautelative ed adeguate all'area di indagine; (CSLLPP).   |
| b.  | Dovrà essere garantita la trasparenza idraulica dell'opera per il libero deflusso delle acque di esondazione e la realizzazione delle opere non dovrà provocare discontinuità nel reticolo di scolo. Le verifiche idrauliche dovranno basarsi su rilievi topografici aggiornati alla situazione attuale anche utilizzando i rilievi LIDAR già trasmessi. Il modello afflussi-deflussi dovrà tener conto delle recenti curve di possibilità pluviometrica elaborate dal CFR Toscana e dell'effetto impermeabilizzante dovuto all'opera stessa; (Provincia di Lucca). |
| d.  | Nelle aree classificate P.I. 4 la realizzazione dell'intervento è subordinata (verifica articoli 1 e 2, legge regionale n. 21/2012) alla preventiva o contestuale realizzazione delle opere di messa in sicurezza idraulica con tempi di ritorno di 200 anni, senza aggravare la pericolosità idraulica al contorno. (Provincia di Lucca).  |
| e.  | Le aree di compensazione d'invaso nella progettazione definitiva dovranno essere concordate con le Autorità di Bacino competenti tenendo conto anche della destinazione urbanistica delle aree. (Provincia di Lucca).   |
| f.  | Nei tratti di parallelismo tra la strada in progetto con i corsi d'acqua, ove possibile tenendo conto dei vincoli determinati dal tessuto urbanistico esistente, dovranno essere garantite tutte le possibilità di adeguamento alla portata duecentennale e di accessibilità per la manutenzione straordinaria e ordinaria, coerentemente a quanto stabilito dal regio decreto n. 523/1904. (Provincia di Lucca).   |
| g.  | Per le opere interferenti con i corsi d'acqua, gli ulteriori sviluppi progettuali dovranno:   |
|   | i. prevedere i raccordi dei nuovi manufatti con i canali esistenti; (Provincia di Lucca e Regione Toscana);   |
|   | ii. non provocare soluzioni di discontinuità nel reticolo di scolo delle acque meteoriche urbane; (Regione Toscana);  |
|   | iii. non pregiudicare la possibilità di ampliare le sezioni dei corsi d'acqua in modo da realizzare maggiori invasi necessari a garantire una maggiore efficacia del sistema idraulico complessivo; (Regione Toscana);  |
|   | iv. dimostrare che le soluzioni proposte consentono il passaggio, senza aggravio di rischio per le zone di valle o monte, della portata caratterizzata da tempo di ritorno almeno di 200 anni; (Regione Toscana);   |

| Prescrizioni  |  |
|---|--|
| id  | Contenuto  |
| <b>1.1</b><br><b>PRESCRIZIONI</b><br><b>RELATIVE AGLI</b><br><b>ASPETTI</b><br><b>PROGETTUALI</b> | <b>PRESCRIZIONI RELATIVE AGLI ASPETTI PROGETTUALI</b>  |
|   | vi. elaborare il fascicolo di manutenzione dell'opera con le indicazioni puntuali riguardo alla manutenzione delle interferenze con il reticolo anche di nuova progettazione in modo tale da garantirne l'efficienza e la capacità d'invaso calcolata per la condizione di «invarianza idraulica». (Regione Toscana).  |
| h.  | Gli attraversamenti delle carreggiate in corrispondenza del reticolo idraulico di scolo dovranno essere dimensionati, oltre che per officiosità idraulica, anche avuto riguardo all'effettiva possibilità di garantirne l'efficienza mediante manutenzione. (Provincia di Lucca).  |
| i.  | Dovrà essere acquisito il parere dell'Autorità di Bacino competente per le opere costruite in area P2 - P3 e P4 tenendo conto che:   |
|   | i. il recupero dei volumi sottratti alla libera esondazione delle acque dovrà essere garantito per le aree PI4, PI3, PI2 (ovvero per tutte le aree con $T_r \leq 200$ anni) facendo esplicito riferimento ai battenti utilizzati nel PAI; (Provincia di Lucca);  |
|   | ii. le opere destinate al recupero dei volumi dovranno essere progettate valutando eventuali interazioni con le opere del Piano di bacino - Rischio Idraulico concordandone i dettagli del caso; (Provincia di Lucca)  |
|   | iii. sarà attentamente valutato l'eventuale variazione del livello di rischio idraulico connesso all'adeguamento della viabilità esistente al fine di individuare le eventuali necessarie opere di mitigazione del rischio. (Provincia di Lucca).  |
| j.  | Nelle aree classificate a P.I. 4 la realizzazione dell'intervento è subordinata (verifica articoli 1 e 2, legge regionale del 21 maggio 2012) alla preventiva o contestuale realizzazione delle opere di messa in sicurezza idraulica con tempi di ritorno di 200 anni, senza aggravare la pericolosità idraulica al contorno; (Regione Toscana).  |
| k.  | Il rilascio delle autorizzazioni di cui al regio decreto n. 523/1904 è competenza della Regione Toscana (vedi legge regionale n. 91/1998, modificata dalla legge regionale n. 79/2012 e legge regionale n. 8/2013). (Regione Toscana).   |
| r.  | In considerazione della pericolosità idraulica delle aree in cui ricadono i tracciati stradali, svolgere un'analisi degli effetti indotti da eventi alluvionali del passato nelle specifiche aree di intervento, anche nella considerazione delle variazioni storiche subite dall'assetto geomorfologico ed idrologico dell'area. A riguardo si sottolinea che le Autorità di Bacino del Serchio e dell'Arno hanno redatto i «Piani di Gestione delle Alluvioni» che, come indicato dalle Autorità predette, supera «il PAI sia dal punto di vista cartografico che da quello della disciplina della pericolosità da alluvioni». Il progetto si dovrà, quindi, adeguare ai piani, sia al fine della tutela e della salvaguardia delle acque, sia per quanto riguarda la gestione dei rischi. In accordo con le Autorità di Bacino competenti è opportuno effettuare delle scelte progettuali di basso rischio, per le tratte di nuova realizzazione, e che inducano riduzione dei rischi lungo le tratte da adeguare. Quale conseguenza, in riferimento alle caratteristiche morfologiche delle aree ed in funzione dei modelli idraulici, dovrebbe essere definito anche il possibile ruolo delle nuove arterie nell'ambito della gestione del rischio, ad esempio quali vie di soccorso, nell'ambito della pianificazione di gestione dell'emergenza. E con tali riferimenti, ed in accordo con le Autorità di Bacino competenti, che vanno definite scelte progettuali di basso rischio, per le tratte di nuova realizzazione, e che inducano riduzione dei rischi lungo le tratte da adeguare; (CSLLPP). |
| w.  | Tutti gli attraversamenti dovranno essere dimensionati rispetto a portate con tempi di ritorno duecentennali; (Comune di Lucca).   |

| Prescrizioni  |   |
|---|---|
| id  | Contenuto   |
| <b>1.1</b>  | <b>PRESCRIZIONI RELATIVE AGLI ASPETTI PROGETTUALI</b>   |
| <b>PRESCRIZIONI RELATIVE AGLI ASPETTI PROGETTUALI</b> |   |
| x.  | La profondità di posa delle tubazioni, sia idriche che fognarie, generalmente dovrà essere tale da non costituire interferenza significativa con la tipologia di lavori in progetto. Sussistono tuttavia, lungo il tracciato delle opere da realizzare, diverse interferenze dovute a parallelismi, percorrenze ed intersezioni, che, se ritenuto necessario, potranno essere descritte con maggior dettaglio in fase di progettazione definitiva. Mantenere a livello del piano viario i chiusini di ispezione delle suddette infrastrutture al fine di garantire l'agevole esecuzione delle normali attività di gestione ordinaria; (Acque SpA Servizi Idrici). |
| z.  | Approfondire l'ubicazione delle vasche di prima pioggia in quanto, ad esempio, una delle vasche ricade in area a vulnerabilità EE (classe massima di Vulnerabilità) - (ARPAT).  |
| aa.   | La sicurezza idraulica deve essere raggiunta garantendo il non aggravio del rischio nelle aree contermini (sottrazione volumi utili all'esondazione delle acque) e non vi deve essere trasferimento del rischio a valle per maggiore capacità di deflusso del reticolo (adeguamento dei sotto attraversamenti per tempi di ritorno duecentennali). In generale deve essere garantita la trasparenza idraulica dell'opera per il libero deflusso delle acque di esondazione; (Autorità di bacino del fiume Arno).  |
| bb.   | Per quanto riguarda l'incremento del rischio idraulico vale quanto espresso per il PAI, di contro, in riferimento all'interferenza con gli interventi di piano, e' necessario concertare i dettagli del progetto definitivo ed esecutivo con il Consorzio di Bonifica Auser-Bientina, ente individuato da apposito protocollo d'intesa tra Regione e Autorità di Bacino per la verifica della fattibilità delle opere di piano per il bacino del Bientina, e come Autorità che rilascerà specifico nulla osta. (Autorità di bacino del fiume Arno).   |
| 1.1.2.1   | Nelle successive fasi progettuali, a seconda del dettaglio necessario, dovrà essere acquisito il parere delle Autorità di Bacino competenti sulle opere relative ai diversi tratti, tenendo comunque conto che:   |
| a.  | il recupero dei volumi sottratti alla libera esondazione delle acque dovrà essere garantito per le aree PI4, P11 e PI2 (ovvero per tutte le aree con Trv<= 200 anni) facendo esplicito riferimento ai battenti utilizzati nel PAI; (Autorità di bacino del fiume Arno);   |
| b.  | le opere destinate al recupero dei volumi dovranno essere progettate valutando eventuali interazioni con le opere del Piano di bacino Rischio Idraulico e concordandone i dettagli nel caso; (Autorità di bacino del fiume Arno);   |
| c.  | sarà attentamente valutato l'eventuale variazione del livello di rischio idraulico connesso all'adeguamento della viabilità esistente al fine di individuare le eventuali necessarie opere di mitigazione del rischio. (Autorità di bacino del fiume Arno).   |
| 1.1.2.3   | Estendere nei successivi step progettuali l'esame dell'adeguatezza delle opere in progetto con il Piano di Gestione delle Acque dell'Appennino Settentrionale tenendo in considerazione che tutti gli accorgimenti sono finalizzati a non produrre ulteriori impatti sui corpi idrici interessati e che:  |
| a.  | i corpi idrici interessati dal tracciato e inseriti nel piano sono: corpo idrico sotterraneo della Piana di Lucca - zona freatica del Serchio cod. WISE IT092SE011 e il Canale Rogio cod. WISE IT09CI_N002AR050ca; (Autorità di bacino del fiume Arno);   |
| b.  | tali corpi idrici sono confermati nel primo triennio di monitoraggio in stato «inferiore al buono» con obiettivo «buono» al 2021. (Autorità di bacino del fiume Arno).  |

| Prescrizioni  |  |
|---|--|
| id  | Contenuto  |
| <b>1.1</b>  |  |
| <b>PRESCRIZIONI RELATIVE AGLI ASPETTI PROGETTUALI</b> | <b>PRESCRIZIONI RELATIVE AGLI ASPETTI PROGETTUALI</b>  |
| 1.1.2.4   | Individuare, nei successivi step progettuali, tutti gli accorgimenti finalizzati a non produrre ulteriori impatti sui corpi idrici interessati. (Autorità di bacino del fiume Arno).   |
| 1.1.2.5   | Nelle successive fasi di progettazione in merito agli Aspetti idraulici dell'Asse Ovest-Est dovranno essere utilizzati rilievi topografici rispondenti al reale stato dei luoghi e coerenti con i dati topografici in possesso dell'AdB Serchio.   |
| 1.1.2.7   | Dovrà essere mantenuto in efficienza nella sua totalità il reticolo di drenaggio minore, limitando al minimo i nuovi tratti in attraversamento, garantendo adeguate condizioni di ispezionabilità dei manufatti e sovradimensionando i collettori anche al fine di compensare la nuova impermeabilizzazione indotta dalla nuova infrastruttura e i conseguenti incrementi dei coefficienti di deflusso. (Provincia di Lucca).  |
| 1.1.2.8   | Adeguati accorgimenti dovranno essere posti in opera per evitare che i nuovi collettori e i recapiti non incrementino il rischio verso tratti del reticolo di valle non adeguatamente dimensionati; (Autorità di bacino del fiume Serchio).  |
| 1.1.2.9   | Dovranno essere generalmente evitati parallelismi del tracciato stradale con la fascia di rispetto prevista ai sensi del comma 6 dell'art. 21 del PAI sui reticolo di riferimento (vedi tav. 9 del PAI -1 aggiornamento). Nel caso si verificano parallelismi, dovranno essere garantite, in accordo con l'Ente gestore dei canali, tutte le condizioni di adeguato dimensionamento delle opere anche per garantire le possibilità di ampliamento delle sezioni di deflusso e di accessibilità ai fini manutentivi. (Autorità di bacino del fiume Serchio).  |
| 1.1.2.10  | In merito a quanto sopra, nei successivi livelli progettuali dovrà essere posta particolare attenzione:  |
| a.  | all'imbocco dell'asse in corrispondenza della rotatoria di intersezione con la SS12, dove e' prevista una interferenza significativa (circa 80 metri) con il Canale Pontecanale; (Autorità di bacino del fiume Serchio);   |
| b.  | in corrispondenza dell'intersezione con il Canale Molina (km 0+650, sezioni 15-16), canale sui quale sono segnalate criticità di funzionamento e restringimenti di sezione anche allo stato attuale; (Autorità di bacino del fiume Serchio);   |
| c.  | all'intersezione con il Canale Fanuccio (km 1+300 - km 1+400, sezioni 28 - 29 - 30) in cui il tracciato e' previsto in sovrapposizione; (Autorità di bacino del fiume Serchio);  |
| d.  | all'intersezione con il Canale Fanuccio di Levante. (km 4+400, sezione 92). (Autorità di bacino del fiume Serchio).  |
| 1.1.2.11  | E' necessario effettuare approfondimenti della sicurezza idraulica tenendo in debito conto che il valore del franco di sicurezza adottato (differenza fra la quota della strada e della livelletta idraulica dedotta dal PAI) di 0,50 m pare insufficiente e va modificato in almeno 1,00 m, anche in ragione delle incertezze che affliggono la definizione delle quote liquide a scala di bacino. La progettazione definitiva dovrà prevedere misure per la messa in sicurezza dell'opera da eventi con tempi di ritorno duecentennali e misure di mitigazione al fine di non aggravare il rischio idraulico dell'area in esame. (CSLLPP). |
| 1.1.2.12  | E' necessario che l'analisi idraulica sia sviluppata a moto permanente per gli attraversamenti maggiori e per i tombini nonché nelle situazioni che, in termini di portata, rivestano una qualche rilevanza. Questa dovrà tener conto anche degli esiti del necessario nuovo studio idraulico e idrogeologico prescritto. (CSLLPP).  |
| 1.1.2.13  | Si fa presente che sul sito del Servizio Idrologico Regionale della Toscana ( <a href="http://www.sir.toscana.it">http://www.sir.toscana.it</a> ) sono menzionate tre diverse stazioni pluviografiche a Lucca, contrassegnate con i codici TOS10000510, TOS10000511 e TOS02000512. L'analisi statistica dei dati di precipitazione è assolutamente da ripetere prendendo in considerazione tutti i dati disponibili. (CSLLPP).   |

| Prescrizioni  |  |
|---|--|
| id  | Contenuto  |
| <b>1.1<br/>PRESCRIZIONI<br/>RELATIVE AGLI<br/>ASPETTI<br/>PROGETTUALI</b> | <b>PRESCRIZIONI RELATIVE AGLI ASPETTI PROGETTUALI</b>  |
| 1.1.2.14  | Nelle sezioni di attraversamento risulta necessario ottemperare la normativa vigente ai ponti in relazione alla portata di piena, anche per quanto riguarda gli aspetti geotecnici delle opere d'arte maggiori. (CSLLPP).  |
| 1.1.2.15  | Nelle successive fasi progettuali, dovranno essere effettuate analisi di maggior dettaglio riguardo a:   |
| a.  | Rischio idraulico delle aree attraversate:   |
| i.  | localizzazione delle aree destinate alla compensazione dei volumi di invaso sottratti, con riguardo alla reale morfologia e utilizzo delle aree stesse; (Comune di Lucca);   |
| ii.   | posizionamento dei tombini necessari a garantire rilevati idraulicamente trasparenti. (Comune di Lucca).   |
| b.  | Smaltimento delle acque di piattaforma:  |
| i.  | valutare l'opportunità di prevedere un sistema completamente chiuso anche per l'asse Ovest-Est con riferimento alle reali capacità di diluizione delle portate presenti nel tratto di monte del Canale Ozzoretto durante l'intero periodo dell'anno. (Comune di Lucca).  |
| 1.1.2.16  | Asse Nord-Sud.   |
| a.  | Rivedere e rendere congruenti con i tempi di corrivazione le altezze di pioggia relative ai bacini dei corsi d'acqua attraversati dai tombini che risolvono le interferenze con il reticolo idraulico minore, anche alla luce delle risultanze del nuovo studio idraulico e idrologico prescritto. Per quanto riguarda i tombini che dovranno risolvere le interferenze con il reticolo idraulico minore questi dovranno essere progettati nel dettaglio nella successiva fase di progettazione, nel rispetto delle normative vigenti. (CSLLPP).   |
| b.  | In considerazione della fragilità delle aree attraversate in cui «La pianura che accoglie l'asse Nord-Sud ha grado di vulnerabilità alto fino al km 3+00 mentre nel secondo tratto ha grado di vulnerabilità ELEVATO; si segnala che in un'area limitrofa al tracciato in corrispondenza del km 2+500, in corrispondenza dei laghetti di Lammary (ex cave di prestito nelle ghiaie) in cui il livello di falda viene a giorno, il grado di vulnerabilità è elevatissimo»; nella successiva fase progettuale si chiede di rappresentare dettagliatamente e di dimensionare lo «Smaltimento acque di piattaforma» ed in particolare le opere destinate al trattamento delle acque di prima pioggia (vasche di raccolta e trattamento delle acque) e prevedere un programma di manutenzione degli stessi. (CSLLPP).   |
| 1.1.2.17  | Asse Ovest-Est.  |
| a.  | Le portate che competono agli attraversamenti dei principali corsi d'acqua sono da rivalutare prendendo in considerazione fra le diverse stime quelle più cautelative. L'analisi a moto permanente dovrà tener conto delle reali condizioni al contorno assumendo valori opportuni per la scabrezza d'alveo. (CSLLPP).   |
| b.  | In tutte le sezioni di attraversamento risulta necessario ottemperare alla normativa vigente sui ponti in relazione alla compatibilità idraulica. In particolare il Progetto definitivo dovrà assicurare per la sezione S2 un franco della quota di sottotrave rispetto quella di massima piena almeno pari a 1,5 m e per la sezione S4 evitare che la pila del viadotto interessi l'alveo di piena. Ove possibile nella futura fase di progettazione valutare un aumento di luce tra le pile al fine di prevedere un eventuale allargamento in sede del canale che risulta «palesamente insufficiente per contenere le portate di piena». (CSLLPP).   |
| d.  | I Stralcio - Nella successiva fase di progettazione verificare una possibile soluzione che eviti al rilevato stradale in prossimità della sezione S2 di svolgere una funzione di contenimento. Qualora ciò risulti inevitabile dovranno essere svolte le opportune verifiche del caso e dovrà essere illustrato, con un elaborato specifico, l'intervento descritto. In particolare la funzione specifica di arginatura, deve garantire un adeguato coefficiente di conducibilità idraulica - non superiore a $10^{-6}$ - $10^{-8}$ m/s - per contenere i fenomeni di filtrazione, impedendo che il rilevato e la zona circostante (a campagna) siano esposti a fenomeni di sifonamento o impaludamento. Questa ulteriore garanzia comporta l'ampliamento del piede dell'argine verso campagna più di quanto sia richiesto dalle normali verifiche geotecniche. La sezione trasversale di un argine deve infatti assicurare la copertura della linea di infiltrazione che può stabilirsi nel corpo arginale, a partire |

| Prescrizioni  |  |
|---|--|
| id  | Contenuto  |
| <b>1.1</b>  | <b>PRESCRIZIONI RELATIVE AGLI ASPETTI PROGETTUALI</b>  |
|   | <b>PRESCRIZIONI RELATIVE AGLI ASPETTI PROGETTUALI</b>  |
|   | dalla quota di massima piena, quando essa abbia una durata sufficiente a permeare il rilevato, durata che dipende dal materiale terroso che ne forma il corpo. Dovranno comunque essere svolte le verifiche del caso e dovrà essere illustrato, con un elaborato specifico. (CSLLPP).  |
| e.  | Rivedere e rendere congruenti con i tempi di corrivazione le altezze di pioggia dei bacini relativi ai corsi d'acqua attraversati dai tombini che dovranno essere eventualmente adeguati, al fine di risolvere le interferenze con il reticolo idraulico minore. (CSLLPP).   |
| f.  | I Stralcio Tratto da Antraccoli a Marginone (collegamento con Ospedale San Luca) - Compatibilmente con quanto richiesto dall'Autorità di Bacino del fiume Serchio, che ha rilevato la necessità di adottare soluzioni tali da minimizzare i volumi di potenziale invaso anche adottando soluzioni in viadotto, si chiede di studiare se sia possibile adottare una soluzione in rilevato con adeguata altezza e «permeabilità» così da renderlo contemporaneamente sicuro per la circolazione «trasparente» da un punto di vista delle necessità idrauliche. Ad ogni buon fine, ove possibile, si chiede di mantenere o ripristinare la continuità di alcune vie poderali intercettate dal nuovo asse preferendo un andamento planimetrico che si appoggi il più possibile all'orditura dei terreni riducendo al massimo la loro parcellizzazione. (Provincia di Lucca). |
| <b>2 Raccomandazioni - Parte seconda</b>                          |  |
| 2.1.1   | Si raccomanda di prestare la massima attenzione nell'adottare accorgimenti tecnici tali da semplificare quanto più possibile la manutenzione delle nuove strutture e di quelle esistenti interferenti. (Consorzio di bonifica Auser).  |
| 2.1.6   | Si raccomanda di salvaguardare il Pubblico Condotta che dovrà essere tutelato nella sua continuità e integrità funzionale. Nel raccomandare particolare attenzione a tutti gli interventi necessari per garantire la continuità del servizio, il tombamento dei canali demaniali dovrà avvenire solo quando non sia possibile ricorrere a soluzioni alternative. In caso di attraversamento e/o tombamento si raccomanda di procedere mediante il completo rifacimento dei muri laterali e di fondo in c.a. prevedendo opportune aperture che garantiscano la manutenzione e l'ispezionabilità con passo adeguato (indicativamente fra 25 e 40 m); (Provincia di Lucca).   |
| 2.1.7   | Si raccomanda di confrontare i volumi di compensazione individuati con le previsioni del PAI e con i vincoli presenti oltre che con l'attuale tessuto edificatorio e di tener presente le interferenze con il livello della falda idrica sotterranea, in quanto tali volumi sono stati previsti in alcune zone depresse e perciò con una bassa soggiacenza della falda idrica; (Provincia di Lucca).   |
| 2.1.8   | Per gli interventi ricadenti nell'ambito dell'Autorità di Bacino dell'Arno, aree di tipo B del Piano stralcio Rischio Idraulico si raccomanda di rispettare il seguente disposto normativo: «interventi di ampliamento o di ristrutturazione delle infrastrutture pubbliche o di interesse pubblico riferite a servizi essenziali, nonché la realizzazione di nuove infrastrutture pubbliche o di interesse pubblico parimenti essenziali, purchè non concorrano ad incrementare il rischio idraulico e non precludano la possibilità di attuare gli interventi previsti dal piano, previa concertazione tra end e AdIB» e gli interventi dovranno essere concertati con il Consorzio di Bonifica Toscana Nord, come già prescritto; (Provincia di Lucca).   |
| <b>3. Indicazioni per la fase di verifica delle prescrizioni.</b> |  |
| 3.1.1   | tutte le prescrizioni dovranno essere recepite nella fase progettuale definitiva.  |

### 3 INTERFERENZE INDIVIDUATE TRA RETICOLO SUPERFICIALE E TRACCIATI DI PROGETTO E LORO RISOLUZIONE

#### 3.1 Premessa

L'area interessata dagli interventi in oggetto è caratterizzata da una fitta rete di canalizzazioni sia a scopo irriguo che di drenaggio superficiale, che vanno ad interferire con i nuovi assi viari. La ricognizione delle interferenze dei tracciati stradali (nuovi ed esistenti) con il reticolo idrografico superficiale è stata effettuata in prima battuta consultando dal sito ufficiale della Regione Toscana (all'indirizzo web:

[http://geoportale.lamma.rete.toscana.it/reticolo\\_enti\\_gestori/](http://geoportale.lamma.rete.toscana.it/reticolo_enti_gestori/))

la mappa del *Reticolo idrografico e di gestione*, individuato dalla Regione stessa attuando quanto disposto dalla Legge regionale 79/2012 (*approvato la prima volta nel 2013 e aggiornato con Delibera di Consiglio 101/2016. Successivamente all'approvazione del Consiglio, il reticolo è stato adeguato esclusivamente dal punto di vista tecnico, con modifiche minime rispetto alla consistenza chilometrica complessiva - meno di 10 Km su tutto il territorio regionale. Le istruttorie, svolte congiuntamente con tutti i soggetti pubblici coinvolti, sono state approvate con Delibera di Giunta 1357/2017 -Testo atto - Allegato A- e Delibera 899/2018 e relativo allegato A).*

Il database informatico della Regione Toscana fornisce le seguenti informazioni sotto forma di attributi:

- Lunghezza (length)
- codice identificativo del tratto (Idretr79)
- nome del tratto (Nome)
- alias del tratto - altro toponimo utilizzato per il medesimo tratto – (Alias)
- nome del comprensorio di bonifica di cui alla LR 79/2012 (Complr79)
- reticolo idrografico di cui alla LR 79/2012 (Retidlr79)
- reticolo di gestione di cui alla LR 79/2012 (Retgestlr79)
- descrizione del reticolo di cui alla LR 79/2012 (Desretr79)

Nello specifico:

#### ***Reticolo idrografico (Retidlr79)***

E' l'insieme dei tratti insistenti nel territorio regionale, individuati come previsto dall'art. 4 della LR 79/2012 che rimanda all'art. 54 del Decreto Legislativo 152/2006, ovvero "*l'insieme degli elementi che costituiscono il sistema drenante alveato del bacino idrografico*".

Il campo **Retidlr79** può contenere uno dei seguenti attributi:

- **SI**: tratto facente parte del reticolo idrografico ai sensi della LR 79/2012
- **NO (altro reticolo)**: tratto non facente parte del reticolo idrografico ma rappresentabile dal punto di vista cartografico (canale di derivazione, via navigabile, scolina di campo, canalizzazione irrigua).
- **TOMBATO**: tratto a geometria sotterranea

#### ***Reticolo di gestione (Retgestlr79)***

E' "il sottoinsieme del reticolo idrografico che necessita di manutenzione, sorveglianza e gestione, per garantire il buon regime delle acque, prevenire e mitigare fenomeni alluvionali" (art. 4, LR 79/2012). Il campo **Retgestlr79** può contenere uno dei seguenti attributi:

- **SI**: tratto oggetto di gestione da parte dei Consorzi di Bonifica
- **NO**: tratto non oggetto di gestione da parte dei Consorzi di Bonifica

#### ***Descrizione del reticolo di cui alla LR 79/2012 (Desretlr79)***

Il campo **Desretlr79** può contenere uno dei seguenti attributi:

- **CANALE NAVIGABILE**: corso d'acqua artificiale soggetto alla normativa nazionale sulle vie navigabili.
- **CANALE DI DERIVAZIONE**: corso d'acqua la cui portata è derivata artificialmente da un altro.
- **CONDOTTA** : tratto di tubazione. es. quello che collega alcuni invasi e le centrali elettriche.
- **TRATTO VIRTUALE**: tratto non reale, inserito nello shp per garantire struttura al grafo.
- **PERTINENZA INFRASTRUTTURE**: tratto di pertinenza a infrastrutture viarie o ferroviarie
- **TRATTO TOMBATO**: tratto a geometria sotterranea (per la definizione convenzionalmente approvata dalla Commissione Tecnica Temporanea, vedi testo della Delibera).
- **TRATTO FITTIZIO**: tratto a geometria fittizia di cui non si conosce il reale percorso, serve per garantire la struttura a grafo (esempio: tratti coperti di collegamento).
- **CANALE IRRIGUO**

Le informazioni recepite in base al suddetto database regionale sono state, ove possibile, verificate attraverso i rilievi prodotti in fase di progettazione definitiva (rilievi aerofotogrammetrici in scala 1:2000 e rilievi celerimetrici in scala 1:500 ove disponibili) o

attraverso sopralluoghi. Dagli stessi rilievi sono state individuate ulteriori interferenze minori caratterizzate principalmente da scoline di campo.

Alla luce dei dati reperiti, pertanto, è stato possibile suddividere il reticolo superficiale interferente con i tracciati stradali di progetto in:

1. Reticolo di tipo idrografico (rete drenante superficiale principale)
2. Reticolo di tipo irriguo (canali irrigui con recapito nel reticolo idrografico superficiale)
3. Reticolo di scolo dei campi agricoli
4. Altro Reticolo (es. Reticolo fognario comunale)

In allegato 3 (tabella in formato A3) sono riportate le interferenze individuate su ciascun asse di progetto. Le stesse interferenze sono rappresentate graficamente nell'elaborato T00ID00IDRCI03A – *Carta del reticolo idrografico e delle interferenze con i tracciati di progetto*.

### **3.2 Il reticolo Idrografico**

Il reticolo idrografico interferente è costituito dai seguenti corsi d'acqua:

- Fiume Serchio (principale)
- Canale Ozzoretto (secondario)
- Rio Arpino (secondario)
- Rio del Frizzone (secondario)

Il Fiume Serchio in realtà non interferisce direttamente con gli interventi, bensì la sua area golenale corre parallelamente all'attuale SS12 alla quale sarà innestata la nuova rotatoria di inizio dell'asse Nord-Sud.

Per il F. Serchio è stata eseguita una simulazione in moto permanente modellando un tratto di lunghezza 2500m, per la quale si rimanda al successivo capitolo 5 ed all'Allegato 4 (Risultati dei calcoli monodimensionali).



Figura 1. Rotatoria S.S.12 / Fiume Serchio

Per quanto riguarda i corsi d'acqua secondari, le interferenze rilevate in parte sono preesistenti (in quanto insistono già attualmente su tratti stradali esistenti), in parte sono nuove. Nello specifico:

|                         | <b>Interferenza attuale</b> | <b>Interferenza di progetto</b>                  |
|-------------------------|-----------------------------|--|
| <b>Canale Ozzoretto</b> | Svincolo Antraccoli         | Rotatoria Antraccoli                             |
|                         | Via della Madonnina         | Via della Madonnina<br>(Asse Ovest-Est Tratto 1) |
|                         | -                           | Asse Ovest-Est Tratto 2                          |
| <b>Rio Arpino</b>       | S.P. Romana                 | S.P. Romana (Asse Est –Ovest)                    |
| <b>Rio del Frizzone</b> | S.P. Romana                 | S.P. Romana (Asse Est –Ovest)                    |
|                         | Via del Frizzone            | Via del Frizzone (Asse Est –Ovest)               |

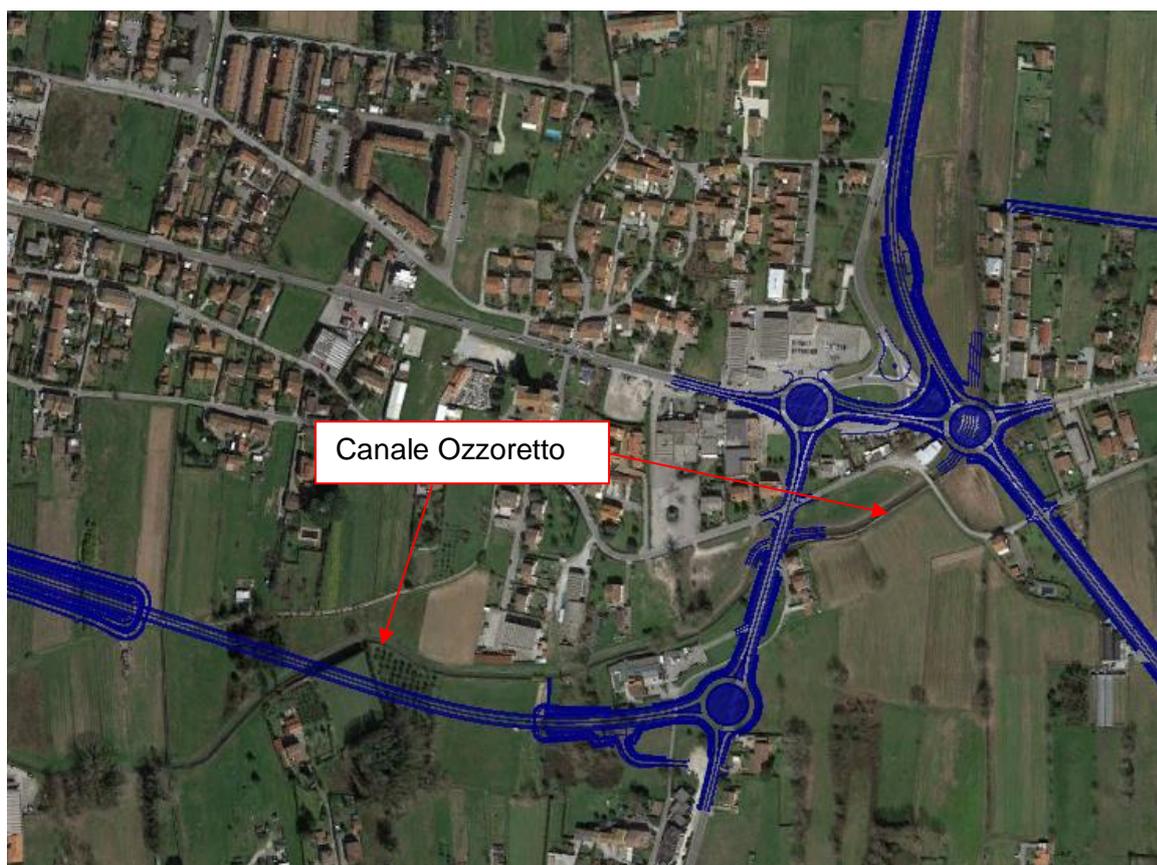


Figura 2. Canale Ozzoretto in corrispondenza di Svincolo Antraccoli-Asse OvestEst

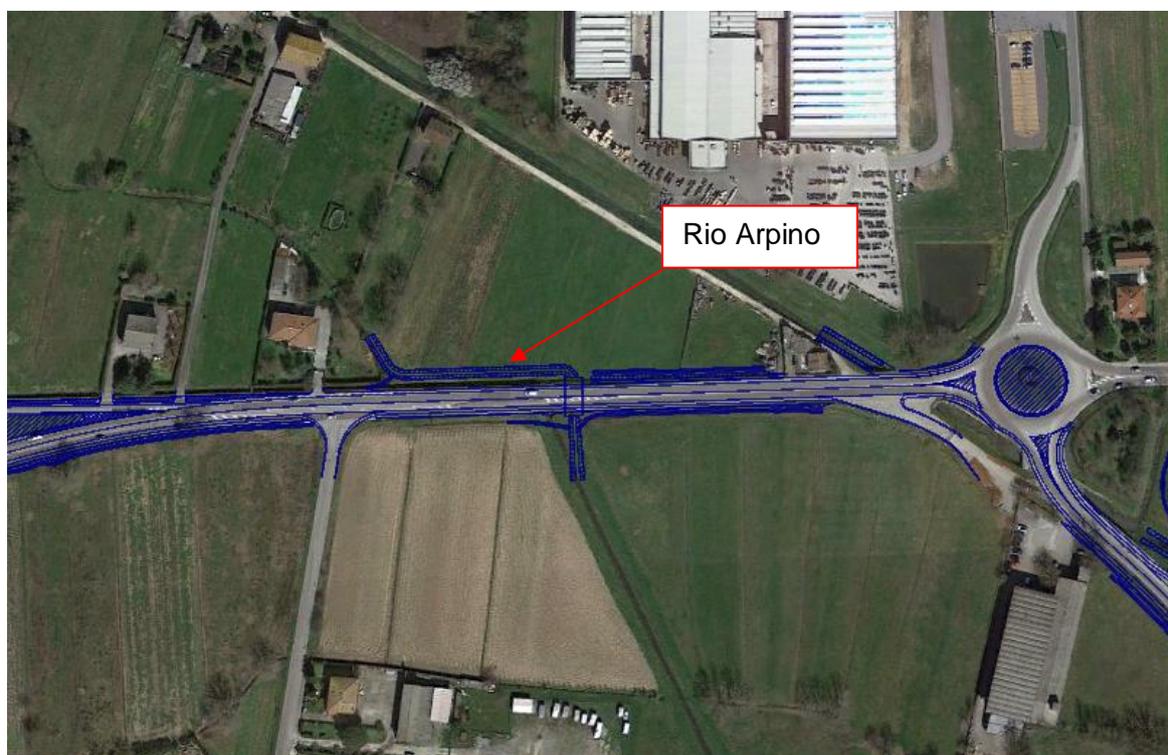


Figura 3. Rio Arpino in corrispondenza della S.P. Romana (asse Est-Ovest)

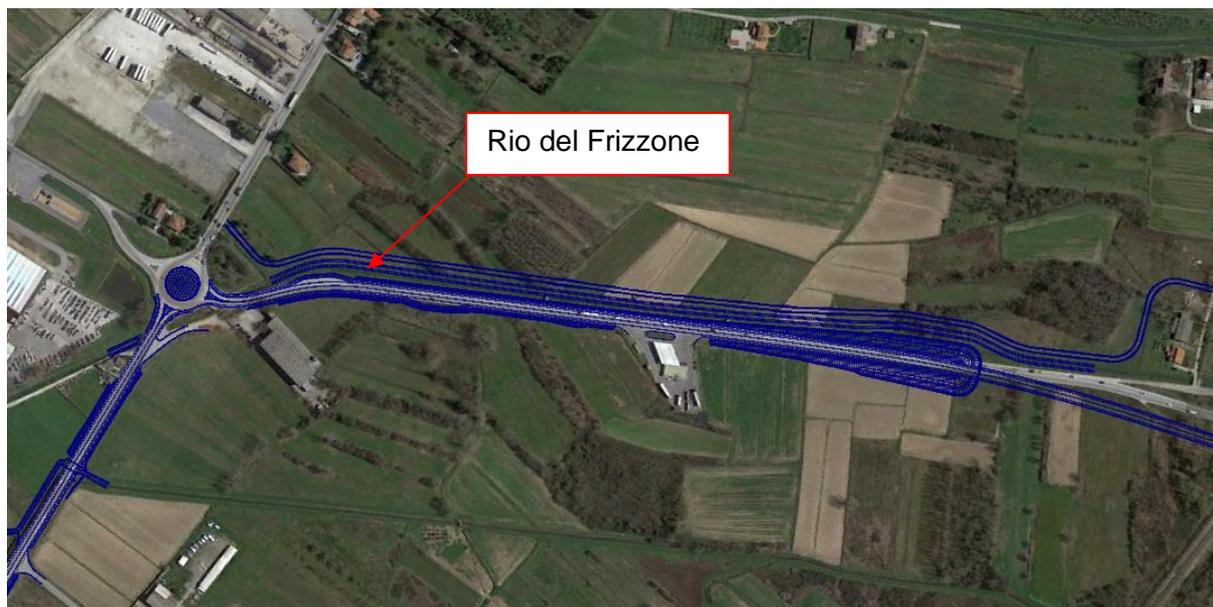


Figura 4. Rio del Frizzone in corrispondenza della S.P. Romana e via del Frizzone (asse Est-Ovest)

Per esigenze dettate sia dalle verifiche idrauliche che dalle nuove configurazioni dei tracciati stradali, si è reso necessario intervenire sulle attuali sistemazioni dei canali sia ampliando la sezione degli attraversamenti esistenti per renderli compatibili con futuri adeguamenti per portate idrologiche duecentennali, sia deviando i corsi d'acqua ove necessario. Per maggiori dettagli si rimanda agli elaborati grafici T00ID01IDRDI01-02A (Canale Ozzoretto), T00ID02IDRDI01-02A (Rio Arpino) e T00ID03IDRDI01-02A (Rio del Frizzone).

Per quanto riguarda le opere di attraversamento degli assi principali, si prevede:

| Corso d'acqua    | Ubicazione             | Tipologia opera | Dimensioni  |
|------------------|------------------------|-----------------|-------------|
|                  |                        | progetto        | Bxh         |
| Canale Ozzoretto | Rot. Antraccoli        | Ponte           | 15.0 x 2.80 |
| Canale Ozzoretto | Rot. Antraccoli        | canale aperto   | 15.0 x 2.80 |
| Canale Ozzoretto | Rot. Antraccoli        | Ponte           | 15.0 x 2.80 |
| Canale Ozzoretto | Via Madonnina          | Scatolare       | 10.0 x 2.60 |
| Rio Arpino       | Via Romana pr. 2+975.8 | Scatolare       | 7.00 x 2.30 |
| Rio del Frizzone | Via Romana pr. 3+120   | Scatolare       | 7.00 x 2.25 |

Per maggiori approfondimenti in merito alle carpenterie delle opere indicate si rimanda agli elaborati specialistici (tavole e relazioni di calcolo) relativi alle Opere Minori.

Nei successivi capitoli 6 e 7 saranno invece descritte le verifiche idrauliche dei corsi d'acqua precedentemente menzionati, sia nello stato di fatto che in quello di progetto, eseguite sia con

modello monodimensionale in moto permanente (codice di calcolo HecRAS) che con modello bidimensionale in moto vario (codice di calcolo InfoWorks).

Si rimanda all'allegato 6 per la documentazione fotografica.

### **3.3 Il reticolo Irriguo**

Il reticolo irriguo è caratterizzato essenzialmente da un sistema di canalizzazioni a cielo aperto, in terra o in cls, i quali vengono alimentati per l'irrigazione soprattutto nel periodo estivo. A seguito della forte antropizzazione della piana, molti di questi canali attualmente risultano ad uso promiscuo, e pertanto accolgono anche acque di deflusso di aree limitrofe, la cui portata di deflusso non è facilmente valutabile.

La rete irrigua è principalmente interferente con i nuovi tracciati dell'asse Nord-Sud e Ovest-Est (tratto 2), come di seguito indicato:

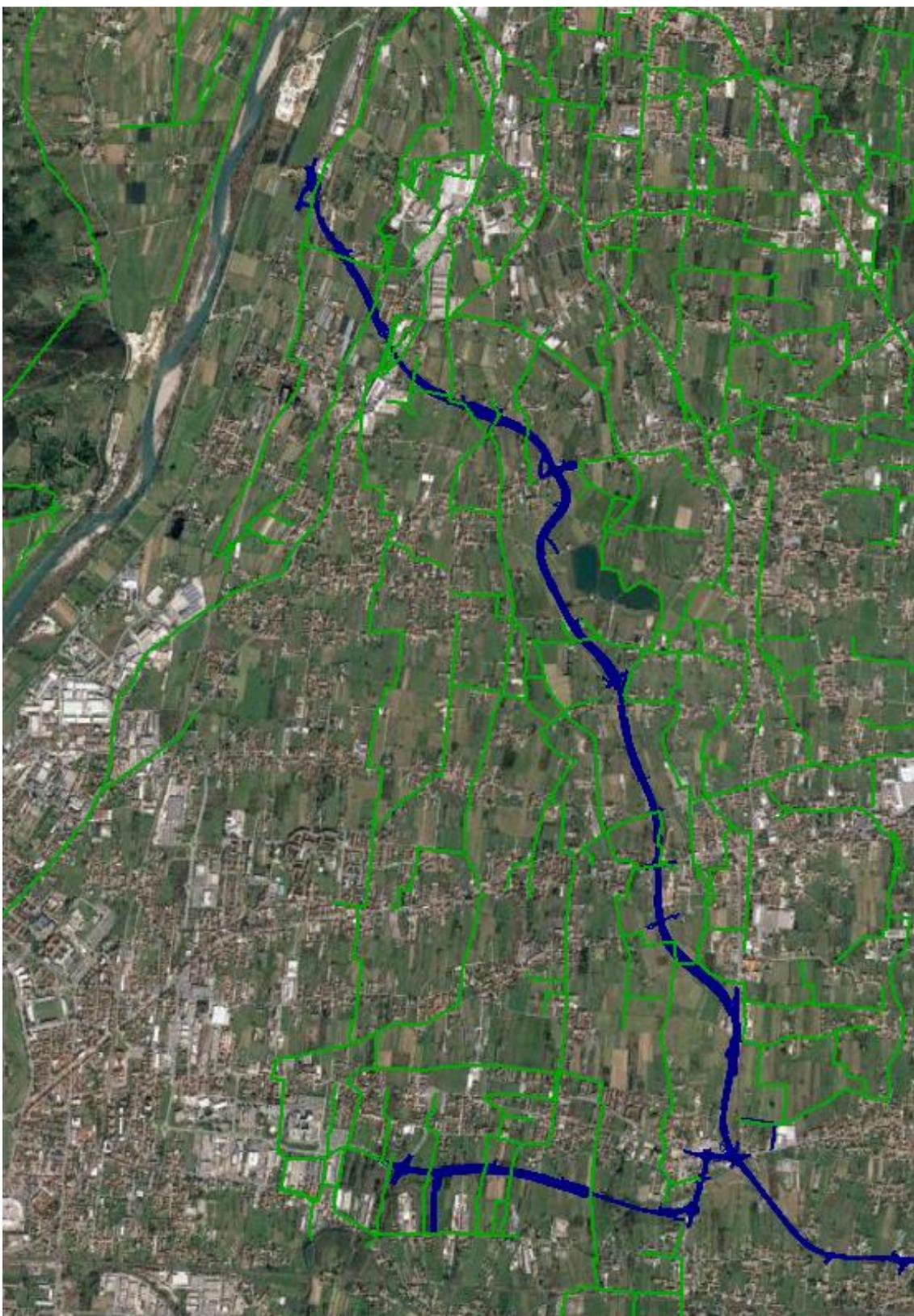


Figura 5. Interferenza del reticolo irriguo con gli assi Nord-Sud e Ovest-Est di progetto

Tutte le interferenze sono state risolte mediante idonee deviazioni dei canali, cercando di limitare i tratti in attraversamento della strada di progetto.

Di concerto con i tecnici del Consorzio di Bonifica Toscana Nord, le opere di attraversamento sono state definite in funzione dei seguenti criteri:

1. la sezione trasversale dei tratti di canali irrigui oggetto di modifica (copertura del canale, spostamento planimetrico etc.) deve avere superficie utile al passaggio dell'acqua uguale o maggiore rispetto a quella esistente;
2. la livelletta del fondo dei tratti di canali irrigui oggetto di modifica (copertura del canale, spostamento planimetrico etc.) deve rimanere il più immutata possibile rispetto a quella esistente, quindi vanno evitate: botti, sifoni etc.;
3. evitare, quando possibile, la copertura del canale privilegiando lo spostamento planimetrico del tracciato;
4. i tratti coperti devono essere il più semplicemente possibile ispezionabili e manutenibili, tenendo presente che sono comunque a carico del concessionario tutti gli oneri di manutenzione ordinaria, straordinaria o ricostruzione delle opere di copertura e accessorie;
5. Franchi in altezza e larghezza da rispettare: sia in altezza che in larghezza la sezione utile al passaggio dell'acqua deve avere dimensioni uguali o maggiori rispetto a quelle esistenti;
6. Verifiche Idrauliche: per i canali classificati come irrigui non è richiesta alcuna verifica idraulica, ma solo prescrizioni dimensionali come indicato ai punti precedenti (per quanto riguarda i canali irrigui non esistono dati disponibili di portata).

Nel rispetto dei suddetti punti e dei vincoli dettati da altri elementi progettuali (livelletta stradale, smaltimento idraulico di piattaforma), sono state definite due tipologie di attraversamento idraulico:

**tipo 1 (TS01):** tombino scatolare con dimensioni 4.0x3.0 o 5.0x3.0 che permette il passaggio interno del canale irriguo e di una passerella per ispezione e manutenzione del canale direttamente dall'interno;

**tipo 2 (TS02):** tombino scatolare a doppia canna 1.0mx1.0m, ubicato in corrispondenza di tratti stradali con scarsa copertura. All'imbocco di ciascuna canna saranno inserite delle grate con luce adeguata al passaggio dell'acqua ma utili a trattenere fogliame o materiale trasportato dall'acqua che possa depositarsi nel tombino riducendone la sezione di deflusso. A monte della duplice canna si prevede altresì un manufatto con setto di by-pass per far transitare l'acqua da un fornice all'altro nel caso la grata a monte del condotto principale si ostruisca. In uscita è previsto un manufatto di collegamento tra le due canne per confluenza unica nel canale principale. Dal momento che i tratti tombati saranno superiori ai 10m, si prevede una canna di ispezione da ubicare in corrispondenza della banchina stradale.

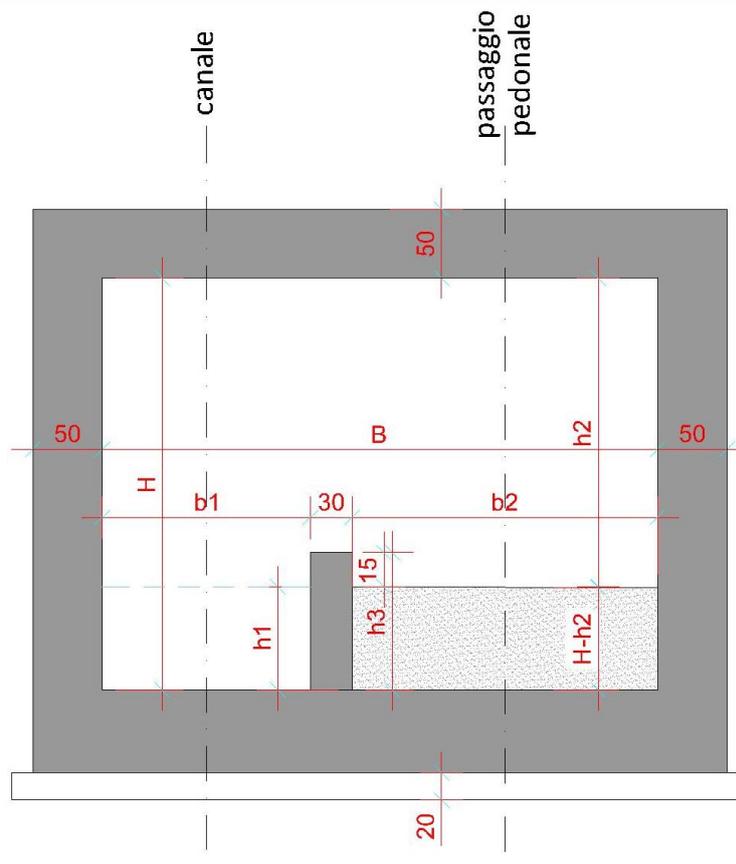


Figura 6. Tipologico Opera Scatolare tipo 1 – Sezione trasversale

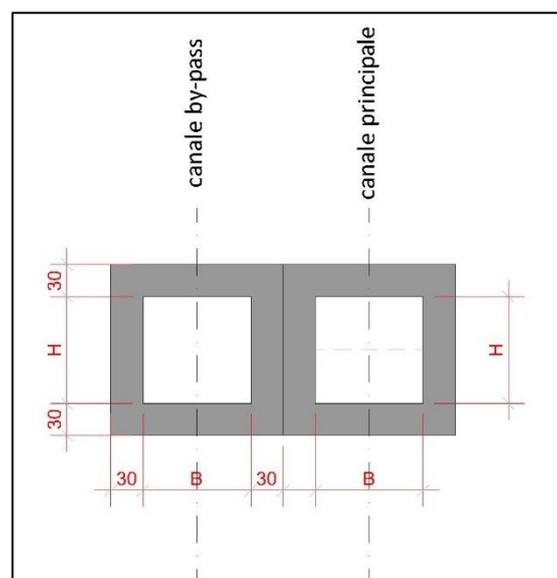


Figura 7. Tipologico Opera Scatolare tipo 2 - Sezione trasversale

Nella tabella seguente è riportato l'elenco di tutti i tombini con l'indicazione di:

- Codice identificativo dell'opera

- Progressiva
- Asse stradale interferito
- Codice identificativo dell'interferenza
- Codice identificativo della eventuale deviazione
- Uso idraulico del canale
- N° di canne
- Dimensioni geometriche
- Modalità d'ispezione

| ID                       | progr. Asse Canale (km)       | progr. Asse tombino (km) | asse       | ID interf. | ID Deviazione              | uso           | n. canne | B (m) | H (m) | b1 (m) | b2 (m) | h1 (m) | h2 (m) | h3 (m) | canale interno (dim.)                | ispezionabilità  |
|--------------------------|-------------------------------|--------------------------|------------|------------|----------------------------|---------------|----------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------------------------------------|--|
| <b>TOMBINI scatorali</b> |                               |                          |            |            |                            |               |          |       |       |        |        |        |        |        |                                      |  |
| <b>TS1</b>               | scat. Bx3.0 (B=4.00m e 5.00m) |                          |            |            |                            |               |          |       |       |        |        |        |        |        |                                      |  |
| <b>TS2</b>               | scat. 2x1.00x1.00 m           |                          |            |            |                            |               |          |       |       |        |        |        |        |        |                                      |  |
| <b>TS1-01</b>            | 0+380                         | 0+381.50                 | Nord-Sud   | IN_2       | DV_02                      | irriguo       | 1        | 4.0   | 3.0   | 1.0    | 2.7    | 1.0    | 2.0    | 1.15   | rett. 0.50x0.60                      | dall'interno   |
| <b>TS1-02</b>            | 0+650.90                      | 0+649.95                 | Nord-Sud   | IN_4       | DV_03<br>(canale Molina)   | irriguo       | 1        | 4.0   | 3.0   | 2.1    | 1.6    | 1.0    | 2.0    | 1.15   | trapezio 0.80x0.50x0.80              | dall'interno   |
| <b>TS1-03</b>            | 1+275.30                      | 1+274.05                 | Nord-Sud   | IN_11      | DV_06<br>(canale Fanuccio) | irriguo       | 1        | 5.0   | 3.0   | 2.5    | 2.2    | 1.0    | 2.0    | 1.15   | rett. 2.50x1.0                       | dall'interno   |
| <b>TS1-04</b>            | 1+705.13                      | 1+706.13                 | Nord-Sud   | IN_13      | DV_08                      | irriguo       | 1        | 4.0   | 3.0   | 2.0    | 1.7    | 1.2    | 1.8    | 1.35   | rett. 2.00x1.00<br>con base trapezia | dall'interno   |
| <b>TS1-05</b>            | 2+900                         | 2+901.25                 | Nord-Sud   | IN_15      | DV_10                      | irriguo       | 1        | 4.0   | 3.0   | 1.5    | 2.2    | 1.0    | 2.0    | 1.15   | trapezio 0.50x0.50x0.50              | dall'interno   |
| <b>TS2-01</b>            | 3+634.50                      | 3+633.85                 | Nord-Sud   | IN_18      | DV_11                      | scolo/irriguo | 2        | 1.0   | 1.0   | -      | -      | -      | -      | -      | rett. 0.50x0.50                      | prevedere canna di ispezione<br>(chiusini in banchina) |
| <b>TS2-02</b>            | 3+812.18                      | 3+811.53                 | Nord-Sud   | IN_19      | -                          | irriguo       | 2        | 1.0   | 1.0   | -      | -      | -      | -      | -      | rett. 0.50x0.50                      | prevedere canna di ispezione<br>(chiusini in banchina) |
| <b>TS2-03</b>            | 4+146                         | 4+145.35                 | Nord-Sud   | IN_25      | DV_14                      | irriguo       | 2        | 1.0   | 1.0   | -      | -      | -      | -      | -      | rett. 0.50x0.50                      | prevedere canna di ispezione<br>(chiusini in banchina) |
| <b>TS1-06</b>            | 4+564.60                      | 4+566.10                 | Nord-Sud   | IN_28      | DV_16                      | irriguo       | 1        | 4.0   | 3.0   | 1.0    | 2.7    | 1.0    | 2.0    | 1.15   | rett. 1.0x1.0                        | dall'interno   |
| <b>TS2-04</b>            | 0+902                         | -                        | Ovest-Est  | IN_35      | -                          | irriguo       | 2        | 1.0   | 1.0   | -      | -      | -      | -      | -      | rett. 1.0x1.0                        | prevedere canna di ispezione<br>(chiusini in banchina) |
| <b>TS2-05</b>            | 0+73                          | 0+73                     | NS-AC02    | IN1        | DV_01                      | irriguo       | 2        | 1.0   | 1.0   | -      | -      | -      | -      | -      | rett. 1.0x1.0                        | prevedere canna di ispezione<br>(chiusini in banchina) |
| <b>TOMBINI circolari</b> |                               |                          |            |            |                            |               |          |       |       |        |        |        |        |        |                                      |  |
| <b>TC1</b>               | DN1500                        |                          |            |            |                            |               |          |       |       |        |        |        |        |        |                                      |  |
| <b>TC2</b>               | DN1000                        |                          |            |            |                            |               |          |       |       |        |        |        |        |        |                                      |  |
| <b>TC3</b>               | DN800                         |                          |            |            |                            |               |          |       |       |        |        |        |        |        |                                      |  |
| <b>TC4</b>               | DN600                         |                          |            |            |                            |               |          |       |       |        |        |        |        |        |                                      |  |
| ID                       | progr. Tombino/canale         | asse                     | n. interf. | Deviazior  | uso                        | n. canne      | Dnint    |       |       |        |        |        |        |        |                                      |  |
| <b>TC1-01</b>            | 1+790.77                      | Nord-Sud                 | 13a        | DV_09      | scolina                    | 1             | 1500     |       |       |        |        |        |        |        |                                      |  |
| <b>TC1-02</b>            | 3+244.34                      | Nord-Sud                 | 16a        | -          | scolina                    | 1             | 1500     |       |       |        |        |        |        |        |                                      |  |
| <b>TC1-03</b>            | 0+121.20                      | Ovest-Est                | -          | -          | permeabilità               | 1             | 1500     |       |       |        |        |        |        |        |                                      |  |
| <b>TC1-04</b>            | 0+711.2                       | Ovest-Est                | 34a        | -          | scolina                    | 1             | 1500     |       |       |        |        |        |        |        |                                      |  |
| <b>TC3-01</b>            | 0+407.4                       | OE-VPO2                  | 34a        | -          | scolina                    | 1             | 800      |       |       |        |        |        |        |        |                                      |  |
| <b>TC1-05</b>            | 0+753.63                      | Ovest-Est                | 34b        | -          | scolina                    | 1             | 1500     |       |       |        |        |        |        |        |                                      |  |
| <b>TC3-02</b>            | 0+450                         | OE-VPO2                  | 34b        | -          | scolina                    | 1             | 800      |       |       |        |        |        |        |        |                                      |  |
| <b>TC2-01</b>            | 0+600                         | OE-VPO2                  | 35         | -          | irriguo                    | 1             | 1000     |       |       |        |        |        |        |        |                                      |  |
| <b>TC3-03</b>            | 0+946                         | Ovest-Est                | 35a        | -          | scolina                    | 1             | 800      |       |       |        |        |        |        |        |                                      |  |
| <b>TC3-04</b>            | 1+032                         | Ovest-Est                | 36         | -          | irriguo                    | 1             | 800      |       |       |        |        |        |        |        |                                      |  |
| <b>TC3-05</b>            | 1+305.5                       | Ovest-Est                | 37         | -          | irriguo                    | 1             | 800      |       |       |        |        |        |        |        |                                      |  |
| <b>TC3-06</b>            | 1+352.6                       | Ovest-Est                | 37a        | -          | scolina                    | 1             | 800      |       |       |        |        |        |        |        |                                      |  |
| <b>TC4-01</b>            | 1+367                         | Ovest-Est                | 37b        | -          | scolina                    | 1             | 600      |       |       |        |        |        |        |        |                                      |  |
| <b>TC4-02</b>            | 1+391.5                       | Ovest-Est                | 37c        | -          | scolina                    | 1             | 600      |       |       |        |        |        |        |        |                                      |  |
| <b>TC4-03</b>            | 1+406                         | Ovest-Est                | 37d        | -          | scolina                    | 1             | 600      |       |       |        |        |        |        |        |                                      |  |
| <b>TC1-06</b>            | 4+539.26                      | Est-Ovest                | -          | -          | collegamento fossi         | 1             | 1500     |       |       |        |        |        |        |        |                                      |  |
| -                        | 4+479.26                      | Est-Ovest                | -          | -          | permeabilità               | 1             | 1500     |       |       |        |        |        |        |        |                                      |  |

Si rimanda all'Allegato 3 per l'elenco delle deviazioni dei canali.

### **3.4 Reticolo minore di scolo e Reticolo fognario comunale (o altro reticolo)**

Il reticolo minore di scolo non censito dalla Regione Toscana è caratterizzato da scoline di campo, per le quali è stata semplicemente garantita la continuità idraulica, senza necessità di prevedere una verifica di dimensionamento idraulico. Tali interferenze sono dislocate tra asse Nord-Sud e asse Ovest-est, e risolte mediante inserimento di tombini circolari in cls di diametro variabile (DN600-800-1000 e 1500).

Per quanto riguarda l'asse Est-Ovest, tratto SP Romana tra Antraccoli e Rotatoria Romana, ad esclusione del Rio Arpino e del Rio Frizzone, tutte le interferenze rilevate in base al reticolo fornito dalla Regione Toscana costituiscono il reticolo di scolo comunale delle acque bianche. Lungo tale tratta l'intervento previsto è di semplice adeguamento in sede. Non sono state rilevate criticità idrauliche e pertanto si mantiene inalterato il sistema idraulico, adeguando in alcuni casi la rete di raccolta dei fossi di guardia a tergo della strada.

### **3.5 Aspetti autorizzativi – Enti preposti al rilascio di pareri e autorizzazioni**

Il **Consorzio di Bonifica Toscana Nord** attualmente è l'ente competente: al rilascio delle concessioni in linea idraulica ai sensi del R.D. 368/1904 sui canali classificati di bonifica e in avvalimento con la Provincia di Lucca, al rilascio delle concessioni in linea idraulica ai sensi del Decreto della Duchessa di Lucca Maria Luisa di Borbone del 26/12/1819 e D.M. 01/03/1896 "Regolamento per la gestione, manutenzione e custodia dei canali di irrigazione e forza motrice, appartenenti al patrimonio dello stato", sui canali classificati irrigui.

Nel caso in esame non risultano presenti interferenze con canali classificati di bonifica ai sensi del R.D. 368/1904, salvo eventuali diverse disposizioni che dovessero intervenire da parte della Regione Toscana.

Il **Genio Civile (Toscana Nord e Valdarno Inferiore)** sono gli enti competenti al rilascio delle autorizzazioni ai fini idraulici ai sensi del R.D. 523/1905, rispettivamente per gli interventi ricadenti nel Comune di Lucca e nel Comune di Capannori. Trattasi nel caso specifico delle opere su Canale Ozzoretto, Rio Arpino e Rio del Frizzone.

L'**Autorità Distrettuale dell'Appennino Settentrionale** è l'ente preposto al rilascio di pareri ai fini della compatibilità idraulica degli interventi, nell'ambito dei territori dell'ex AdB del Bacino Pilota del Fiume Serchio e ex AdB del fiume Arno.

Per quanto riguarda la rete di scolo fognaria non altrimenti censita ai sensi della LR 79/2012 come irrigua o come demaniale, le competenze ai fini autorizzativi sono demandate ai Comuni (uffici preposti).

## 4 INQUADRAMENTO DELL'AREA DI PROGETTO ALL'INTERNO DEL PGRA

L'area sulla quale si realizzerà la nuova tangenziale di Lucca ricade all'interno di aree allagabili a diverso grado di pericolosità, così come definite dal Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA), redatto dall'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Centrale, che ai sensi del D. LGS 152/2006 ha unificato le ADB dell'Arno e del Serchio. In particolare il tratto denominato asse Nord-Sud (per brevità "NS") e il tratto denominato asse Ovest-Est (per brevità "OE") ricadono all'interno di aree classificate dal PGRA dell'ex Autorità di Bacino Pilota del Fiume Serchio, mentre il tratto denominato asse Est-Ovest (per brevità "EO") ricade all'interno di aree classificate dal PGRA dell'ex Autorità di Bacino del Fiume Arno.

Ai fini del presente studio si è quindi proceduto ad acquisire la cartografia relativa ai due piani citati e ad unificarla redigendo un unico elaborato denominato "*Carta delle aree di pericolosità idraulica*" (tav. T00ID00IDRCI01A), del quale si riporta uno stralcio nella figura seguente, e un secondo elaborato denominato "*Carte del Rischio idraulico*" (tav. T00ID00IDRCI02A).

### 4.1 Pericolosità Idraulica

Come si può osservare nella tavola indicata e nello stralcio in figura 1, buona parte del tracciato di progetto è ubicato all'interno di aree classificate a pericolosità P1, ovvero corrispondenti allo scenario di alluvioni rare di estrema intensità (Tr compreso tra 200 e 500 anni). Alcuni tratti appartenenti all'asse OE e EO ricadono all'interno di aree classificate a pericolosità P2 (alluvioni poco frequenti, Tr compreso tra 100 e 200 anni) e P3 (alluvioni frequenti, Tr compreso tra 20 e 50 anni), come meglio descritto nel seguito.

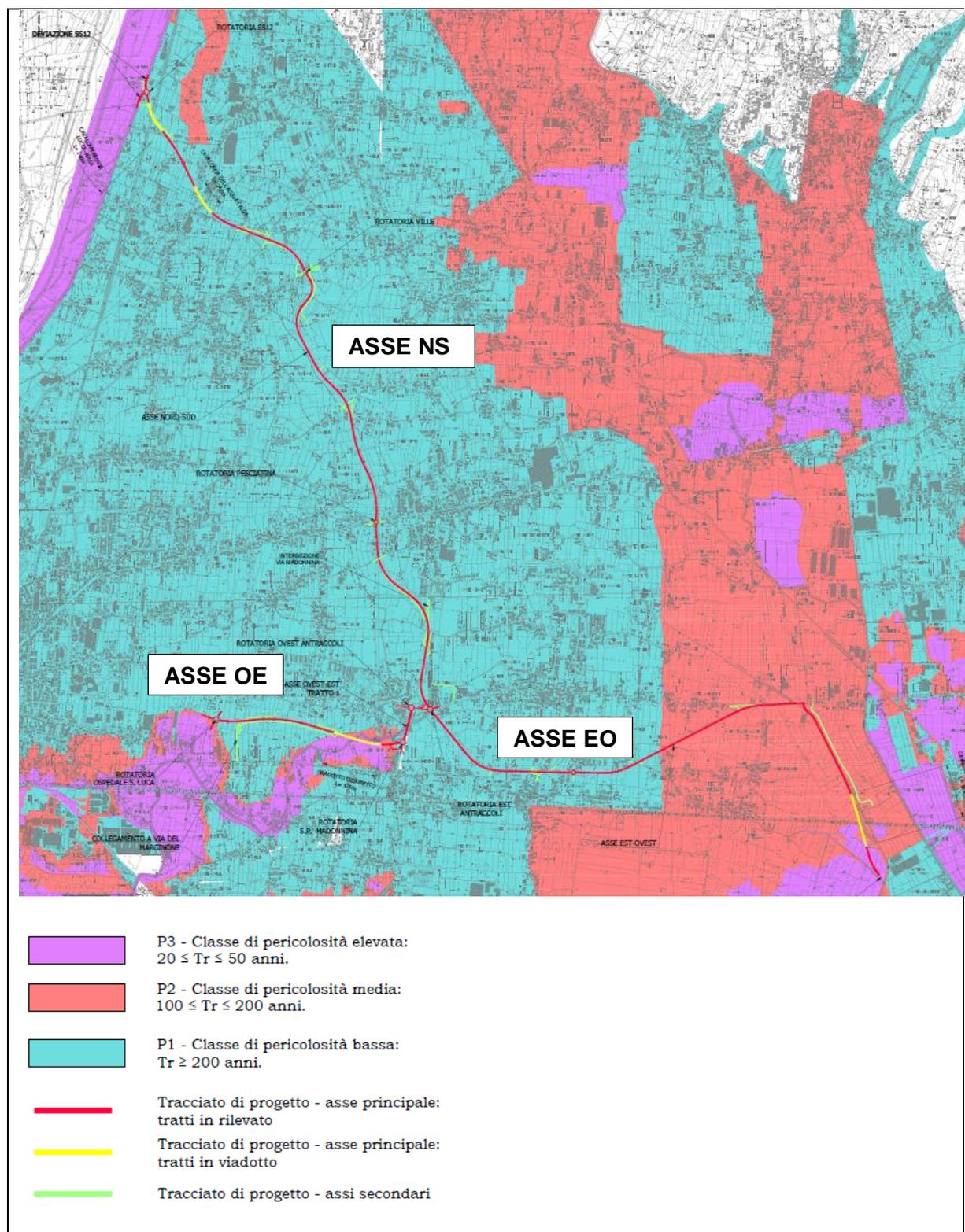


Figura 8. Corografia dell'intervento in progetto in sovrapposizione alla cartografia del PGRA dell'Autorità di bacino distrettuale dell'Appennino Settentrionale indicante la classificazione di pericolosità delle aree soggette a rischio di allagamento.

#### 4.1.1 Aree a Pericolosità P2 e P3

Le aree a pericolosità P2 e P3 che interessano l'asse OE sono ubicate in corrispondenza del viadotto Ozzoretto in progetto. Tale manufatto è stato previsto proprio per by-passare tutta la porzione di area classificata P3, come mostrato nella figura seguente:

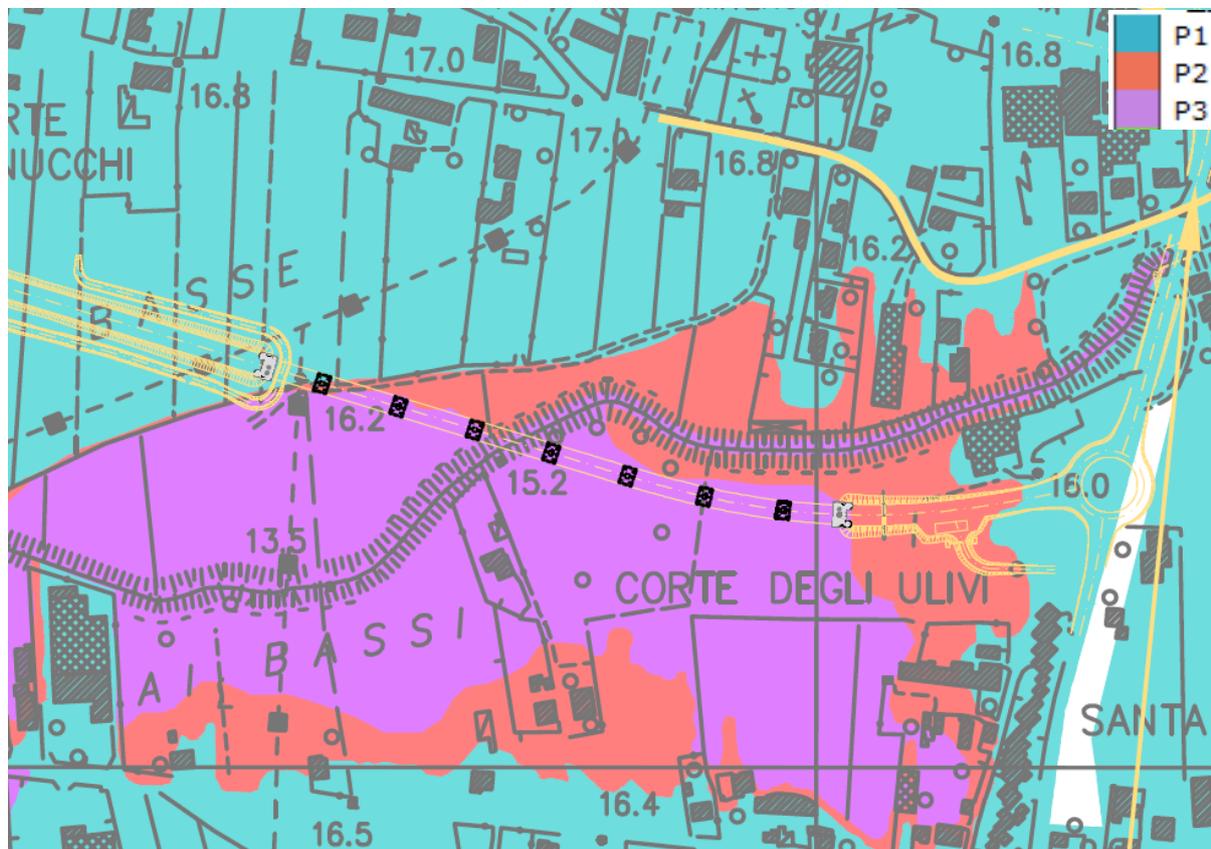


Figura 9. Stralcio della cartografia del PGRA dell'Autorità di bacino distrettuale dell'Appennino Settentrionale indicante la classificazione di pericolosità delle aree soggette a rischio di allagamento: particolare dall'asse OE in corrispondenza del viadotto di attraversamento del canale Ozzoretto

La rotatoria di collegamento dell'asse OE alla viabilità esistente è ubicata all'esterno di un'area classificata come P2, come mostrato nella figura seguente:



Figura 10. Stralcio della cartografia del PGRA dell'Autorità di bacino distrettuale dell'Appennino Settentrionale indicante la classificazione di pericolosità delle aree soggette a rischio di allagamento: particolare dall'asse OE in corrispondenza della rotatoria di collegamento alla viabilità esistente

Una parte del tracciato dell'asse EO ricade all'interno di aree classificate come P2, e il tratto terminale di raccordo tra il viadotto in progetto e la rotatoria di via del Frizzone risulta essere all'interno di un'area P3. Tuttavia le analisi idrauliche 2D, come meglio illustrato nel seguito, mostrano che la sede stradale non risulta essere a rischio di allagamento.

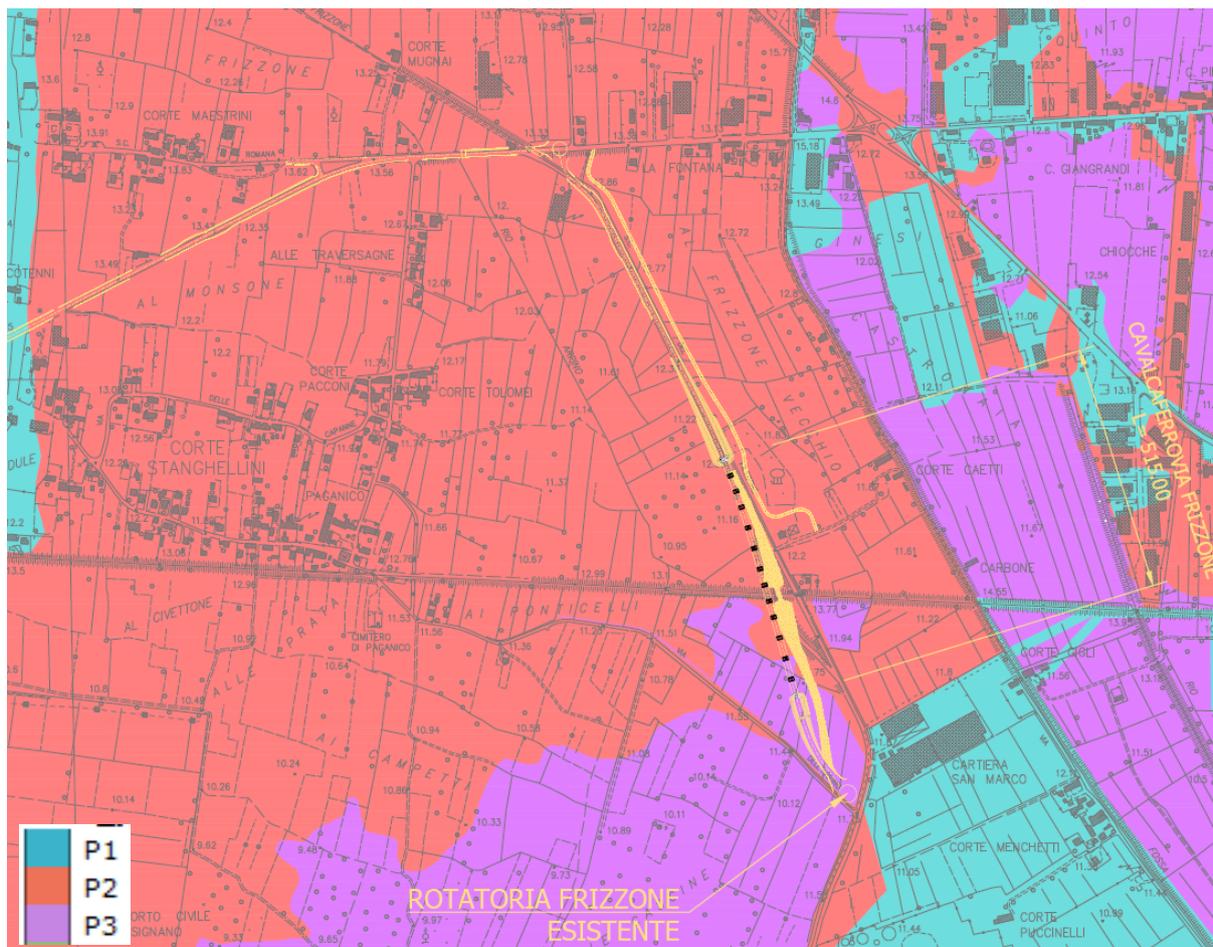


Figura 11. Stralcio della cartografia del PGRA dell'Autorità di bacino distrettuale dell'Appennino Settentrionale indicante la classificazione di pericolosità delle aree soggette a rischio di allagamento: particolare dall'asse EO nel tratto attraversato dai bacini del Frizzone e Arpino

## 4.2 Rischio Idraulico

Come si osserva dall'analisi della carta del rischio, della quale si riporta un estratto nella figura seguente, il tracciato in progetto non occupa aree classificate né a rischio R4 né a rischio R3, ma unicamente aree R1 o R2. Gli unici elementi R4 interessati limitatamente dagli interventi sono rappresentati dalla SS12, per quanto riguarda l'innesto con la rotatoria per l'asse NS.



### 4.3 Osservazioni in merito alle scelte progettuali dal punto di vista del rischio idraulico

Per le tratte di nuova realizzazione o in variante al tracciato attuale e ricadenti nelle aree a pericolosità P2 e P3 (classificazione secondo P.G.R.A.) sono state adottate scelte di basso rischio, in particolare:

- Asse Nord-Sud: il tracciato ricade all'interno di area a pericolosità P1 (bassa) e rischio prevalentemente R1 (moderato o nullo);
- Asse Ovest-Est - tratto 2: tra le pr. 0 e 0+520 il tracciato ricade all'interno di area a pericolosità P2 (media) e P3 (elevata) e rischio prevalentemente R2 (medio): è stata garantita la massima trasparenza idraulica del tracciato nei confronti della libera espansione della piena del Canale Ozzoretto per  $Tr \leq 200$  anni mediante inserimento di un viadotto a 8 campate di lunghezza complessiva 370 m ed all'inserimento di un tombino dn1500 di permeabilità idraulica alla pr. 0+121.20 asse OE;
- Asse Ovest-Est - tratto 2: tra le pr. 0+520 e la rotatoria osp. S. Luca il tracciato ricade all'interno di area a pericolosità P1 (bassa) e rischio prevalentemente R1 (moderato o nullo);
- Asse Est-Ovest/tratto in variante Cavalcaferrovia Frizzone: in corrispondenza della zona di scavalco della ferrovia LU-PI è garantita maggiore trasparenza nei confronti delle aree P2 e P3 grazie alla previsione di un viadotto di lunghezza complessiva 515m a fronte del ponte esistente di luce 50 m circa e di due tombini di permeabilità dn1500 a valle della spalla 2.

Per quanto riguarda i tratti di adeguamento in sede (asse Est-Ovest e intersezione di Antraccoli), gli interventi non modificano l'attuale assetto di pericolosità o rischio in quanto gli interventi previsti non alterano in maniera significativa l'attuale configurazione stradale.

Le verifiche di compatibilità esposte nei successivi capitoli sono volte a dimostrare che gli interventi proposti non comportano:

- trasferimento del rischio a valle per maggiore capacità di deflusso del reticolo (adeguamento dei sotto attraversamenti per tempi di ritorno duecentennali);
- aggravio del rischio nelle aree contermini (sottrazione volumi utili all'esondazione delle acque);

come sinteticamente motivato nei seguenti paragrafi.

#### 4.3.1 Non trasferimento Rischio a valle (in aree P2 e P3):

Nell'ambito del **territorio di competenza dell'Ex AdB del Bacino Pilota del f. Serchio** ricadono gli interventi di realizzazione di due nuove viabilità (assi Nord-Sud ed Ovest-Est tratto 2) e di adeguamento dello svincolo di Antraccoli e via della Madonnina (asse Ovest-Est tratto 1). Tali interventi interferiscono attualmente con il Canale Ozzoretto sia per parallelismo (Nord-Sud) che per intersezione, e prevedono:

- il rifacimento dell'attraversamento idraulico esistente sotto Antraccoli mediante demolizione dell'attuale ponte e ricostruzione di due nuovi attraversamenti sotto rotatoria e canale a cielo aperto al centro rotatoria, dimensionati per Tr 200 anni nell'ipotesi di un futuro adeguamento e messa in sicurezza dei canali; (cfr. cap. 6, par. 6.2.3);
- il rifacimento dell'attraversamento idraulico sotto via della Madonnina mediante demolizione dell'attuale opera e ricostruzione di uno scatolare adeguato alla portata idrologica per Tr 200 anni, nell'ipotesi di un futuro adeguamento e messa in sicurezza dei canali; (cfr. cap. 6, par. 6.2.3);
- realizzazione di un viadotto a 8 campate e di lunghezza complessiva 370 m, le cui spalle saranno ubicate esternamente all'area censita come P3 nelle mappe del PGRA, al fine di rendere completamente trasparente la strada nei confronti di un evento con elevata probabilità di inondazione dell'Ozzoretto.

Le verifiche idrauliche in moto permanente (cfr. cap. 6, Figura 30, Figura 31, Figura 32) mostrano che le suddette opere sul canale Ozzoretto non comportano trasferimento di rischio a valle in quanto la presenza di vari attraversamenti idraulici ubicati a valle degli interventi - già attualmente non compatibili con portate duecentennali - determinano un profilo di corrente rigurgitato verso monte.

Nell'ambito del **territorio di competenza dell'Ex AdB del fiume Arno** ricadono gli interventi di adeguamento della SP Romana e via del Frizzone (asse Est-Ovest di progetto), che interferisce attualmente con due corsi d'acqua: il rio Arpino ed il Rio del Frizzone. L'adeguamento della viabilità prevede:

- il rifacimento dei due attraversamenti idraulici mediante demolizione degli attuali tombini e ricostruzione di nuovi scotolari dimensionati per una portata idrologica con Tr 200 anni, nell'ipotesi di un futuro adeguamento e messa in sicurezza dei canali; (cfr. cap. 7, par. 7.1.2);
- deviazione del rio del Frizzone (traslazione di qualche metro) per un tratto di circa 700 m: lo spostamento del canale deriva sia dalla necessità di lasciare in destra idraulica uno spazio idoneo per la manutenzione del canale, sia dall'interferenza del nuovo

corpo rilevato di approccio al cavalcavia ferroviario del Frizzone. Il progetto di deviazione prevede altresì la demolizione degli attuali ponticelli di collegamento tra le viabilità poderali e la via del Frizzone, la cui sezione idraulica risulta incompatibile per portate con Tr superiori a 30 anni.

Le verifiche idrauliche in moto permanente (cfr. cap. 7, Figura 55, Figura 56, Figura 80, Figura 57, Figura 70, Figura 71, Figura 72) mostrano che le suddette opere di progetto non comportano trasferimento di rischio a valle in quanto la presenza di numerosi attraversamenti idraulici ubicati a valle degli interventi (a valle della ferrovia) - già attualmente non compatibili con portate duecentennali - determinano un profilo di corrente rigurgitato verso monte.

Le stesse analisi bidimensionali eseguite per lo stato di fatto e lo stato di progetto confermano tali risultanze (cfr. mappa dei battenti nel confronto tra ante e post, cap. 6- Figura 43, cap. 7- Figura 80).

#### **4.3.2 Non aggravio di rischio per Sottrazione Volumi (in aree P2 e P3)**

Nell'ambito del territorio di competenza dell'Ex AdB del Bacino Pilota del f. Serchio, la realizzazione del viadotto sul Canale Ozzoretto garantisce la massima trasparenza nei confronti di potenziali allagamenti determinati dal deflusso di una portata idrologica per Tr 200 anni, e pertanto nei confronti delle aree censite dal PGRA come P2 e P3. Data la difficoltà operativa di arretrare ulteriormente la spalla 1 del viadotto, per aumentare la trasparenza idraulica dell'opera stradale nei confronti di pericolosità P2 è stato inserito alla pr. 0+121.20 un tombino DN1500 di permeabilità.

Nell'ambito del territorio di competenza dell'Ex AdB del fiume Arno, l'area per la quale si verifica sottrazione di volume è quella in corrispondenza del cavalcavia del Frizzone sulla linea ferroviaria LU-PI, trattandosi di tracciato in variante all'attuale sede. Si stima che gli interventi di rimozione (rilevati e cavalcavia attuali) e quelli di progetto (nuovo viadotto e nuovi rilevati di approccio) vadano a compensarsi per quanto riguarda i volumi utili all'esondazione delle acque.

Si riscontra infatti che fino alla pr. 3+670 circa asse EO, l'intervento in progetto prevede un adeguamento in sede dell'attuale S.P. Romana e di via del Frizzone, mentre dalla pr. 3+670 fino a fine intervento si prevede un incremento di superficie occupata per complessivi 8500 mq circa, dovuti ai rilevati di approccio al nuovo cavalcavia sulla linea Lucca-Pisa previsto in sostituzione dell'attuale opera. D'altro canto, per i rilevati stradali residuali che andranno dismessi (dopo che entrerà in esercizio la nuova viabilità) si stima una superficie di ingombro di circa 14.000 mq. Pertanto, la demolizione di tali volumi residuali permetterebbe di compensare abbondantemente i volumi sottratti dai nuovi rilevati ad un'eventuale espansione della piena con probabilità P2 e P3.

Pertanto, nelle aree a pericolosità P3 e P2 (PGRA) in cui ricadono gli interventi inseriti nel primo stralcio funzionale, non risulta necessario prevedere opere per il recupero di volumi sottratti alla libera esondazione delle acque, in quanto le soluzioni proposte in merito alle nuove viabilità (asse NS e OE) ed ai tratti in variante (asse EO-via del Frizzone) non comportano sottrazione di aree in tal senso.

Le stesse analisi bidimensionali mostrate nei successivi capitoli in corrispondenza delle suddette aree dimostrano altresì che lo stato di progetto non altera in modo sostanziale lo stato di fatto (vedere studio di compatibilità idraulica).

Per completezza dello studio bidimensionale, sono state indagate in parte anche le aree censite come P1 (aree alluvionali per eventi rari e di estrema intensità).

Sono state imposte delle ipotesi modellistiche semplificative per schematizzare il complesso reticolo irriguo e di scolo.

In tale contesto, in particolare nell'ambito dell'analisi del Canale Ozzoretto in corrispondenza dell'asse Nord-Sud, dal raffronto tra le aree allagabili ante e post-operam, è emerso che la presenza del rilevato stradale in progetto dell'asse NS potrebbe generare una riduzione dei livelli idrici dell'ordine di 10 cm nella parte orientale del bacino, e un conseguente incremento, dell'ordine di 10-15 cm tra le progressive 4900 e 5600, a ovest del rilevato stesso. Ciò è dovuto al fatto che, nonostante la presenza di numerosi tombini aventi la funzione di garantire la continuità idraulica del reticolo, la naturale pendenza del terreno, che a sud della via Pesciatina è in direzione E-O, non consente lo scolo di queste acque in contropendenza.

Un accumulo maggiore viene evidenziato a monte della rotatoria di collegamento tra la tangenziale in progetto e la via Pesciatina, laddove già attualmente è presente un avvallamento del terreno, e dove la via Pesciatina stessa si comporta da sbarramento al deflusso superficiale.

Si ritiene che i risultati della modellazione debbano essere intesi solo come indicazione qualitativa dei possibili fenomeni che potrebbero prodursi per eventi di rara frequenza e che siano comunque estremamente cautelativi.

Per maggiori dettagli si rimanda al paragrafo 6.3.

## 5 ANALISI IDRAULICA E VERIFICHE RELATIVE AL FIUME SERCHIO

Con riferimento alle interferenze (parallelismi e intersezioni) individuate nel presente stralcio funzionale ed indicate nel precedente paragrafo 4.2, di seguito si propone l'analisi idraulica per il fiume Serchio finalizzata a valutare le condizioni di rischio di allagamento a diverso tempo di ritorno ( $T_r = 30, 100, 200$  e  $500$  anni) in prossimità dei tratti di intervento.

La rotatoria di innesto con la SS12 dell'asse NS non interferisce direttamente con il fiume Serchio, tuttavia si trova al limite esterno dell'area golenale del fiume Serchio, classificata come P3. È stato allo scopo implementato un modello idraulico monodimensionale del corso d'acqua relativo al un tratto fluviale posto in prossimità della rotatoria di innesto con la SS12. La geometria del modello, come mostrato nella figura seguente, è stata estesa sia a monte che a valle del tratto di interesse, ed ha una lunghezza complessiva di  $2500$  m. Le sezioni di calcolo sono state ricostruite in parte attraverso rilievi topografici (RS  $2000, 1800, 1200$  e  $800$ ) e in parte estratte dal rilievo LIDAR (RS  $2400, 400$  e  $0$ ).

Come valori di scabrezza sono stati applicati i seguenti valori del coefficiente di Strickler:

- Alveo inciso:  $K_s = 25 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$
- Aree golenali:  $K_s = 14 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$

Non essendo nota la quota del livello idrico nella sezione di valle, come condizione al contorno del modello è stato imposto un valore di pendenza di moto uniforme  $i = 0.001$ .

Nella figura seguente si riporta lo schema planimetrico del modello implementato.

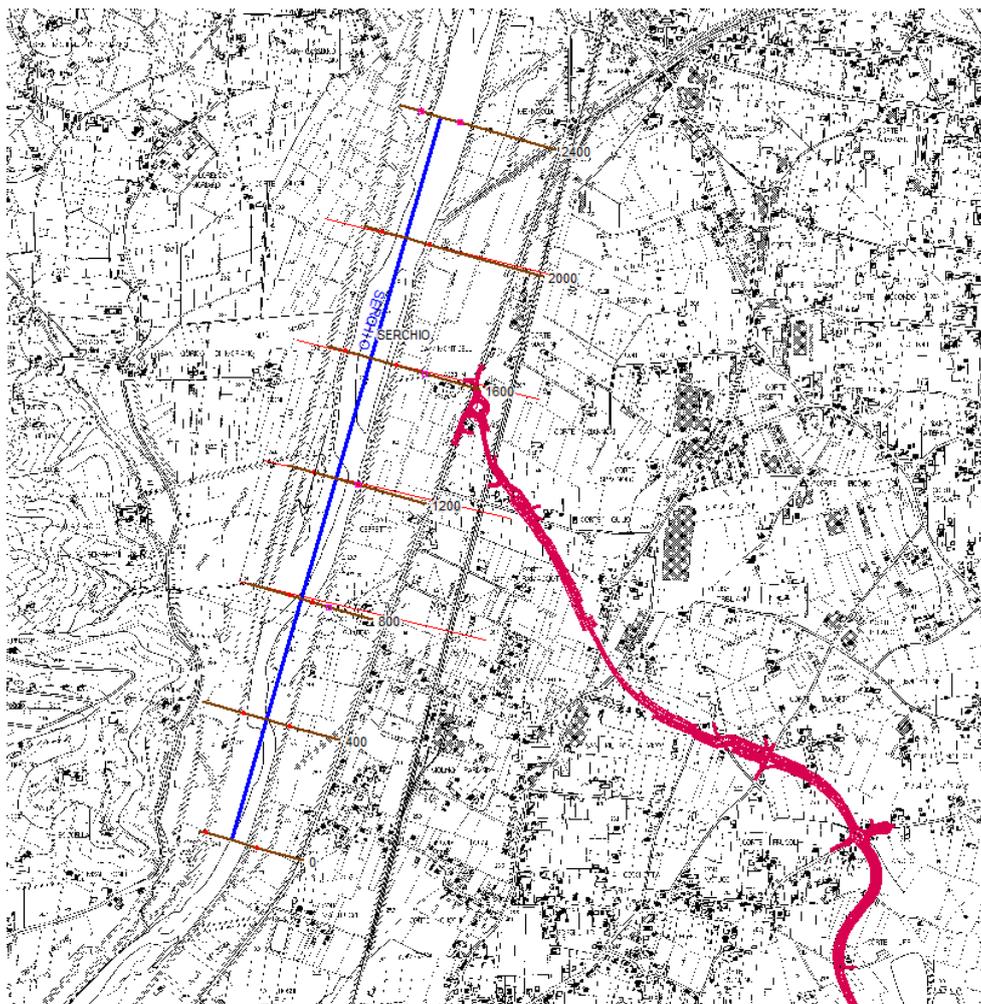


Figura 13. Schema planimetrico del modello idraulico del fiume Serchio implementato

### 5.1.1 Valori di portata utilizzati

I valori di portata con cui sono stati tracciati i profili di corrente in moto permanente sono stati ricavati dalla relazione di Piano del PAI del fiume Serchio (2012).

In particolare i valori di interesse per le presenti analisi sono riportati nel seguente estratto della tabella di pag.190 della relazione di Piano. La rotatoria di innesto con la SS12 è ubicata tra la confluenza Celetra e la confluenza Freddana, come evidenziato nella figura seguente. Cautelativamente sono stati utilizzati i valori relativi alla sezione monte confluenza Celetra, essendo maggiori dei valori relativi alla sezione immediatamente a valle.

| sezione  | codice   | Area bacino | Q30 [mc/s] | Q100 [mc/s] | Q200 [mc/s] | Q500 [mc/s] |
|--|----------|-------------|------------|-------------|-------------|-------------|
| F. Serchio monte confluenza Edron                | SE4069__ | 192.6       | 356.6      | 511.1       | 624.1       | 823.6       |
| F. Serchio a Pontecosi                           | SE4060_a | 294.8       | 585.6      | 842.8       | 1027.7      | 1318.1      |
| F. Serchio a Castelnuovo G.                      | SE4055__ | 340.5       | 643.7      | 938.7       | 1150.2      | 1480.8      |
| F. Serchio a Ponte di Campia                     | SE4040__ | 471.4       | 918.7      | 1319.3      | 1601.2      | 2055.2      |
| F. Serchio monte confluenza Corsonna             | SE4036__ | 478.9       | 914.1      | 1311.6      | 1590.1      | 2043.6      |
| F. Serchio monte confluenza Turrite di Gallicano | SE4032__ | 520.4       | 977.5      | 1394.4      | 1695.9      | 2177.3      |
| F. Serchio monte confluenza Ania                 | SE4025__ | 589.3       | 1082.7     | 1551.7      | 1884.9      | 2413.7      |
| F. Serchio valle confluenza Ania                 | SE4022_a | 618.3       | 1152.0     | 1630.8      | 1986.6      | 2534.9      |
| F. Serchio monte confluenza Fegana               | SE4015__ | 711.3       | 1333.3     | 1872.9      | 2280.2      | 2892.7      |
| F. Serchio monte confluenza Lima                 | SE4008_d | 753.8       | 1395.7     | 1952.2      | 2376.9      | 3012.9      |
| F. Serchio monte confluenza Pedogna              | SE2018m  | 1102.6      | 1879.1     | 2670.0      | 3290.2      | 4169.4      |
| F. Serchio monte confluenza Celetra              | SE1018__ | 1150.8      | 1943.2     | 2760.3      | 3402.7      | 4311.2      |
| F. Serchio monte confluenza Freddana             | SE6007m_ | 1211.2      | 1917.6     | 2701.6      | 3317.0      | 4189.6      |

Figura 14. Tabella estratta dalla relazione di Piano del PAI fiume Serchio (pag.190) – 2012

### 5.1.2 Risultati ottenuti

I risultati ottenuti confermano la carta degli allagamenti fornita dall'Autorità di Bacino del fiume Serchio, per  $T_r=200$  anni. In particolare si osserva che il tratto su cui si interviene con la realizzazione della rotatoria di innesto alla SS12 non risulta interessato da allagamenti causati dall'esondazione del fiume Serchio, neanche per  $T_r=500$  anni.

Nella figura seguente è riportata la sezione di calcolo S2, ubicata in corrispondenza della rotatoria di progetto.

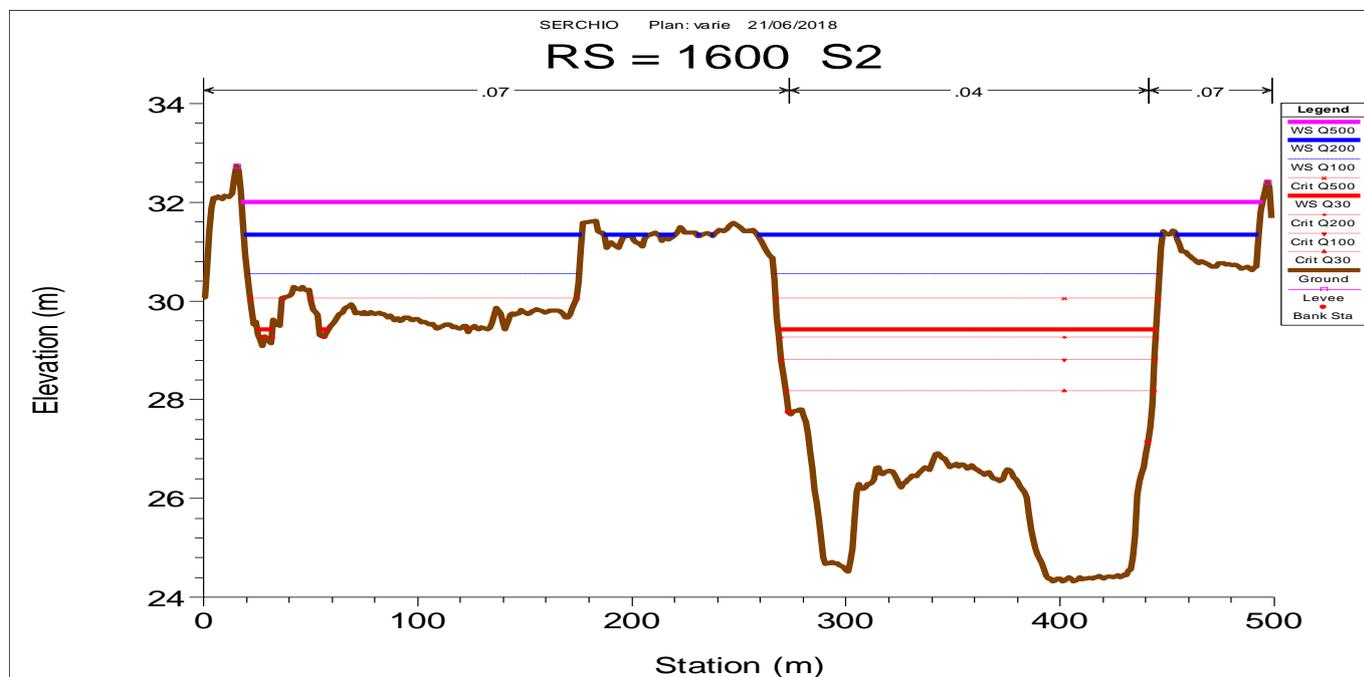


Figura 15. Sezione posta in corrispondenza della rotatoria di progetto di innesto alla SS12

Infine nella figura seguente si riporta uno stralcio della planimetria degli allagamenti fornita dall'Adb Fiume Serchio, con indicazione dei tiranti idrici per  $Tr=200$  anni.

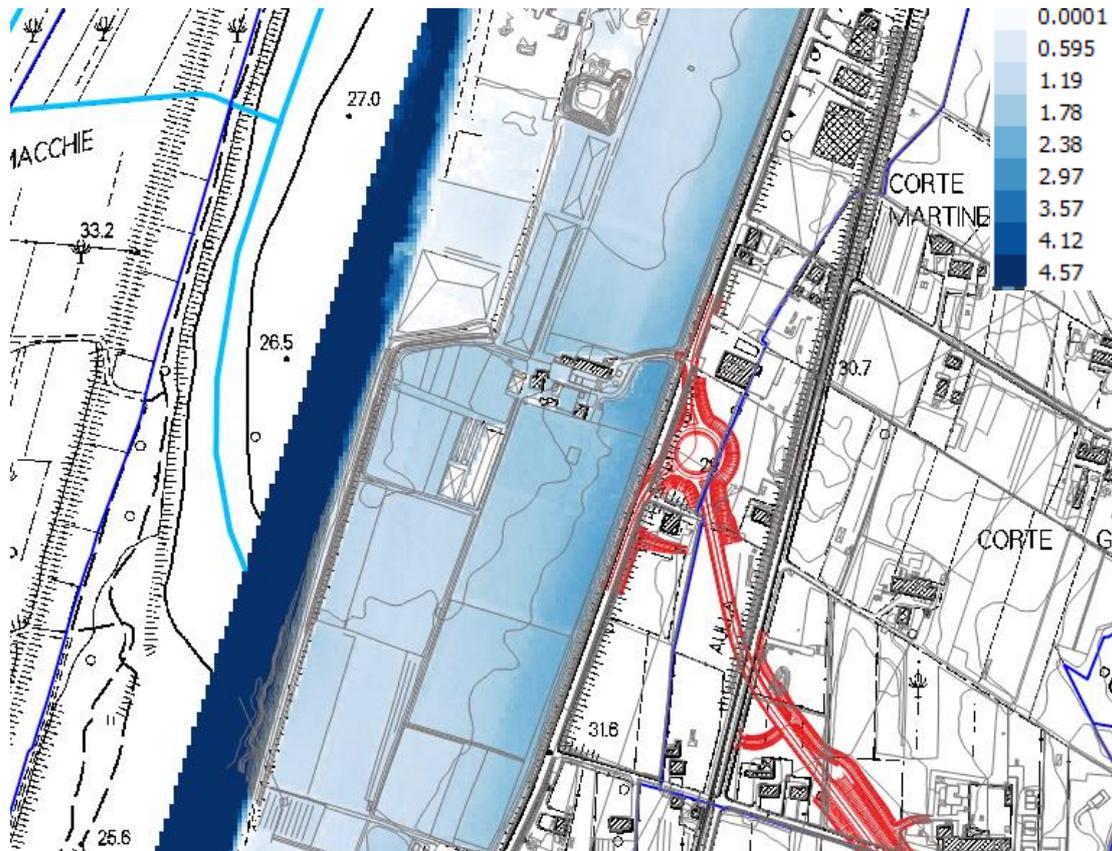


Figura 16. Estratto della carta di allagamento dell'Autorità di bacino fiume Serchio relativa allo scenario  $Tr=200$  anni

## 6 ANALISI IDRAULICA E VERIFICHE RELATIVE AL CANALE OZZORETTO

### 6.1 Premessa

Le analisi effettuate per il Canale Ozzoretto approfondiscono lo studio idraulico eseguito nell'ambito della progettazione preliminare dell'intervento. In particolare tutti gli aggiornamenti derivano dal recepimento delle prescrizioni e raccomandazioni contenute nella delibera di approvazione del progetto preliminare del CIPE n°38/2016 (di cui è riportato un estratto nel par. 2.3).

In particolare sono state analizzate le condizioni di rischio di allagamento a diverso tempo di ritorno ( $T_r = 30, 100, 200$ ) attraverso l'implementazione di un modello idraulico monodimensionale per il tracciamento dei profili di corrente in moto permanente, utilizzando il software di calcolo HEC-RAS dell'US Army Corp of Engineers allo scopo di:

- Valutare la capacità di smaltimento attuale del corso d'acqua, ed in particolare dei manufatti che lo attraversano nei tratti interferenti con i tracciati del progetto in esame
- Verificare le condizioni di deflusso del canale con sezione adeguata per una portata idrologica con  $T_r$  200 anni, nell'ipotesi di una futura sistemazione del corso d'acqua e delle opere di attraversamento
- Verificare che le nuove opere di attraversamento dimensionate in funzione di una portata idrologica per  $T_r$  200 anni non implicino un incremento di rischio idraulico nei tratti a monte o valle.

Vista la natura del bacino del canale Ozzoretto, che nel tratto di monte non presenta un reticolo principale ben definito, le verifiche di compatibilità idraulica sono state effettuate anche mediante l'analisi con modellazione 2D, come descritto nel dettaglio nel seguito.

### 6.2 Analisi idraulica con modello monodimensionale del Canale Ozzoretto

Il tracciato in progetto presenta un parallelismo con il tratto idrografico del Canale Ozzoretto a partire dalla progressiva dell'asse NS km 4+660, pertanto il modello del corso d'acqua è stato esteso verso nord fino a tale sezione; a sud è stato invece esteso fino all'attraversamento di Via del Marginone, posto circa 600 m a valle del nuovo viadotto previsto sull'Ozzoretto lungo l'asse OE.

La geometria del corso d'acqua è stata descritta mediante sezioni trasversali ricostruite in parte attraverso rilievi topografici di dettaglio e in parte estraendole dal rilievo LIDAR e/o dalla

cartografia 3D, ed integrando dove necessario con i dati forniti ufficialmente dall'Autorità di bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale.

L'analisi ha riguardato tre diversi scenari:

- Scenario 1 ante-operam: relativamente all'analisi dello stato attuale del corso d'acqua
- Scenario 2 post-operam: relativamente all'analisi del corso d'acqua con l'inserimento dei manufatti di attraversamento in progetto e il mantenimento delle attuali sezioni dell'alveo.
- Scenario 3 di adeguamento del corso d'acqua: relativamente all'analisi del corso d'acqua comprensiva degli interventi di adeguamento delle sezioni e di riprofilatura del fondo alveo necessari per garantire il transito della portata idrologica duecentennale con franco sulle sponde di 1m

Complessivamente è stato modellato un tratto di lunghezza di circa 2.3 km, come mostrato nella figura seguente:

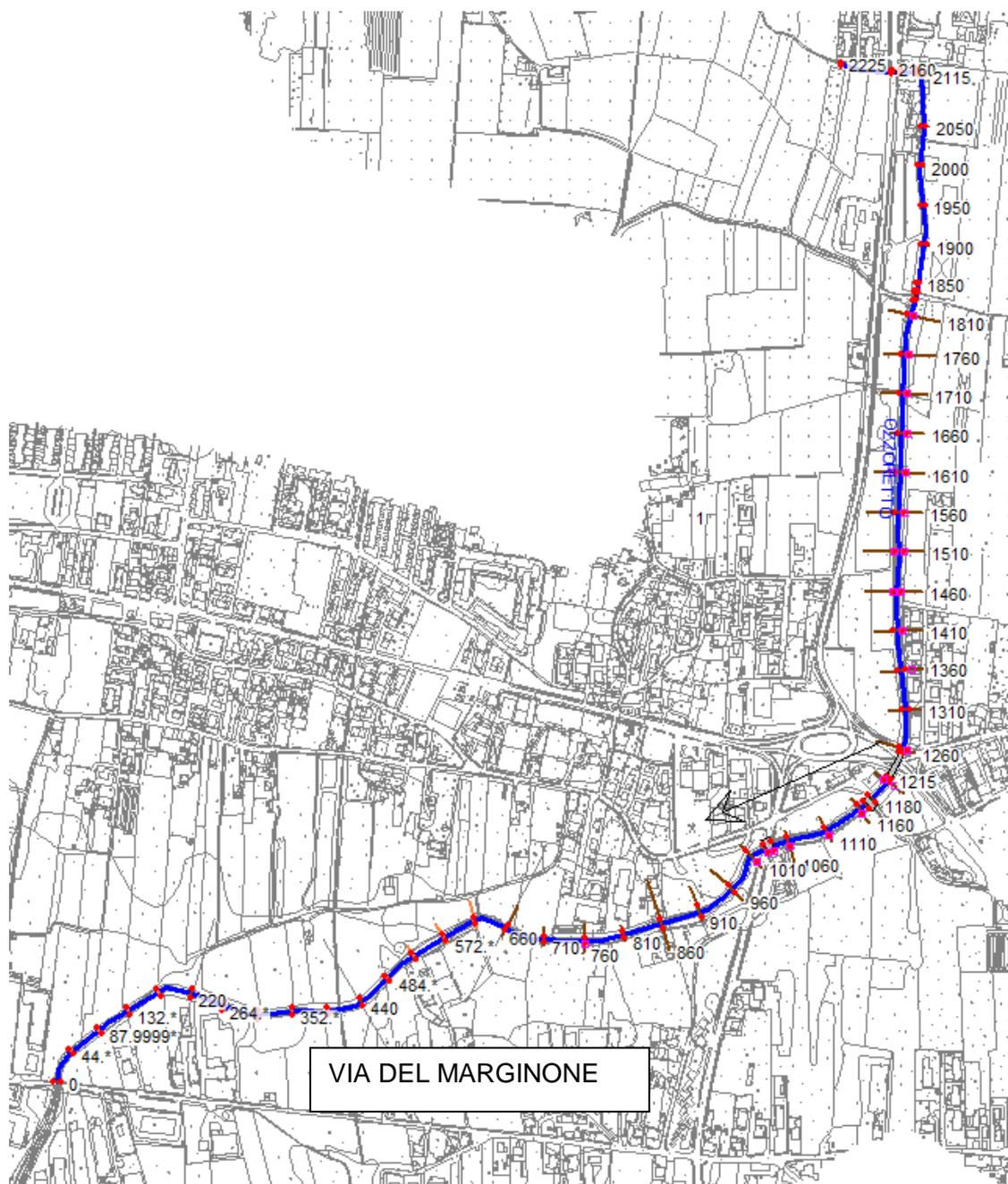


Figura 17. Schema planimetrico del modello idraulico monodimensionale del Canale Ozzoretto

Tutte le verifiche sono state effettuate in moto permanente, in regime di mixed flow. Con riferimento alla tavola T00ID00IDRCO01A Corografia dei bacini minori – Canale Ozzoretto per la nomenclatura dei bacini, come condizioni al contorno è stato imposto il valore di portata a diverso tempo di ritorno nella sezione di monte calcolata per il sottobacino OZZ\_1, e la pendenza di moto uniforme nella sezione di valle. La portata relativa al sottobacino OZZ\_2 è stata immessa alla sezione di calcolo RS220 (cfr. Figura 17), posta poco a monte dell'attraversamento di via del Marginone.

Come valore di scabrezza è stato imposto un valore uniforme pari a  $K_s=20 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$  per tenere conto dell'abbondante presenza di vegetazione, negli scenari ante operam e intermedio, e di  $K_s = 25 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$  nello scenario post-operam.

### 6.2.1 Valori di portata utilizzati

Nella tabella seguente si riportano i valori al colmo di piena a diverso tempo di ritorno stimati nell'ambito dell'analisi idrologica (cfr. Relazione Idrologica T00ID00IDRRE01A) e utilizzati per le verifiche idrauliche.

| T [anni] | OZZ_1 [mc/s] | OZZ_2 [mc/s] | OZZ_3 [mc/s] |
|----------|--------------|--------------|--------------|
| 30       | 12.2         | 11.9         | 15.9         |
| 100      | 18.9         | 18.4         | 23.7         |
| 200      | 25.5         | 21.5         | 27.9         |

### 6.2.2 Verifiche scenario 1 - ante operam

Dall'analisi delle verifiche dello stato attuale del corso d'acqua risulta che la capacità di smaltimento del corso d'acqua è fortemente limitata dalla presenza di attraversamenti le cui sezioni non sono compatibili con i valori delle portate idrologiche a diverso tempo di ritorno precedentemente stimate.

In particolare, come mostrato nel profilo rappresentato nella figura seguente, gli attraversamenti di via Madonnina a nord (progr stradale km 4+840 Asse NS), di Via de' Marchi (progr stradale km 5+100 Asse NS) e della via Francigena sono in grado di far transitare al massimo una portata di 5 mc/s (linea rossa), mentre gli attraversamenti della rotonda di Antraccoli e di via Madonnina a sud (progr. Stradale km 0+125 Asse OE tratto 1) sono in grado di far transitare al massimo una portata di 10 mc/s (linea blu tratteggiata). Il piccolo attraversamento presente subito a valle di quello di Via Madonnina a nord risulta compatibile solo per una portata di 1 mc/s (profilo blu), pur senza franco (rif. Figura 18).

Come si osserva dall'analisi dei medesimi profili, anche in assenza dei manufatti presenti, le sezioni del canale non sono in grado di far transitare la portata idrologica stimata per  $T_r=200$  anni, ma al massimo una portata di circa 10 mc/s, in assenza di franco, corrispondente a un tempo di ritorno inferiore a 30 anni per il bacino Ozz\_1 e di circa 10 anni per il bacino complessivo Ozz\_1 e Ozz\_2.

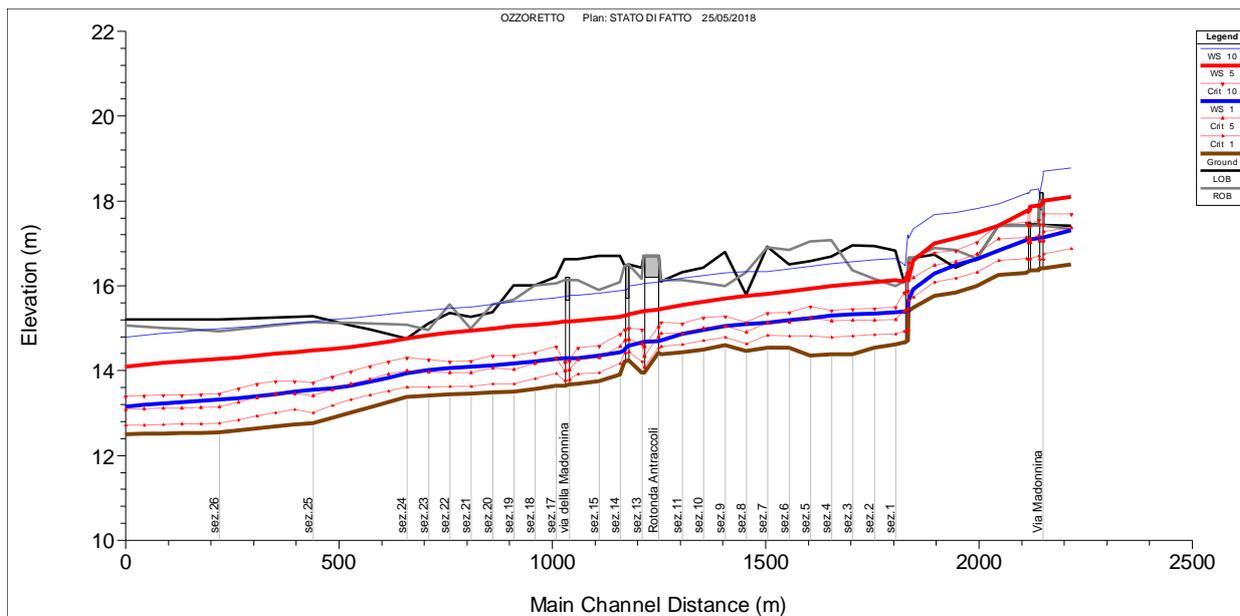
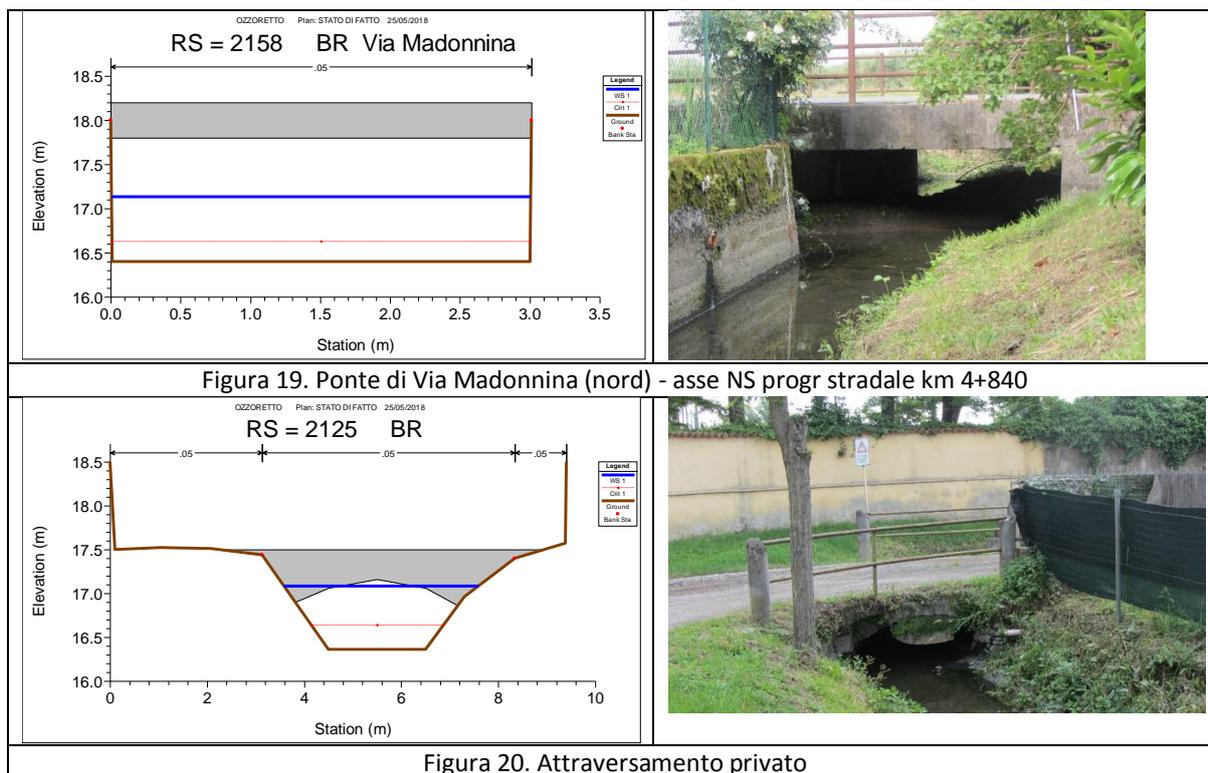


Figura 18. Profilo longitudinale del Canale Ozzoretto – stato attuale.  $Q=1$  mc/s (linea blu continua),  $Q=5$  mc/s (linea rossa);  $Q=10$  mc/s (linea blu tratteggiata).

Nella tabella seguente si riportano le sezioni dei manufatti di attraversamento presenti lungo il Canale Ozzoretto oggetto di analisi:



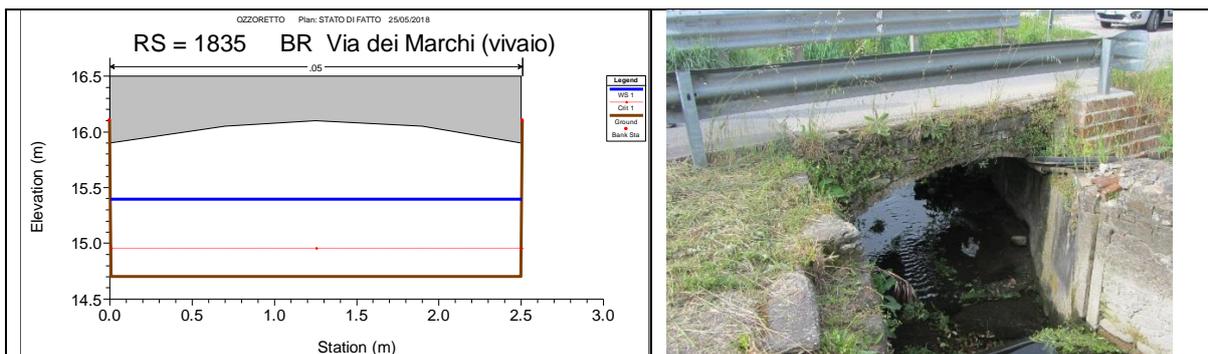


Figura 21. Ponte di Via Dei Marchi - asse NS progr stradale km 5+100

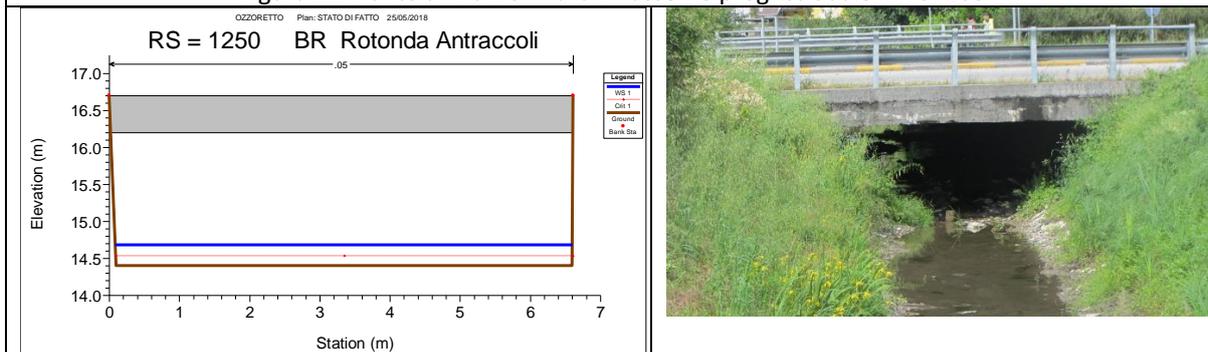


Figura 22. Rotatoria di Antraccoli

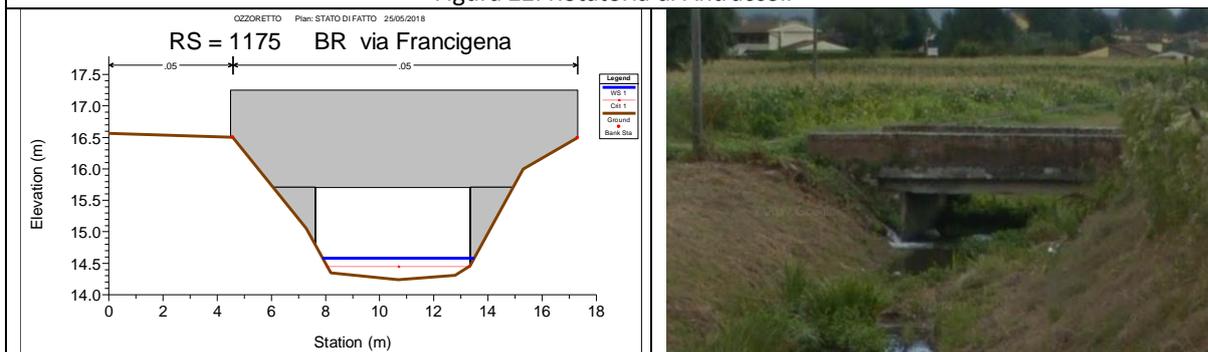


Figura 23. Via Francigena

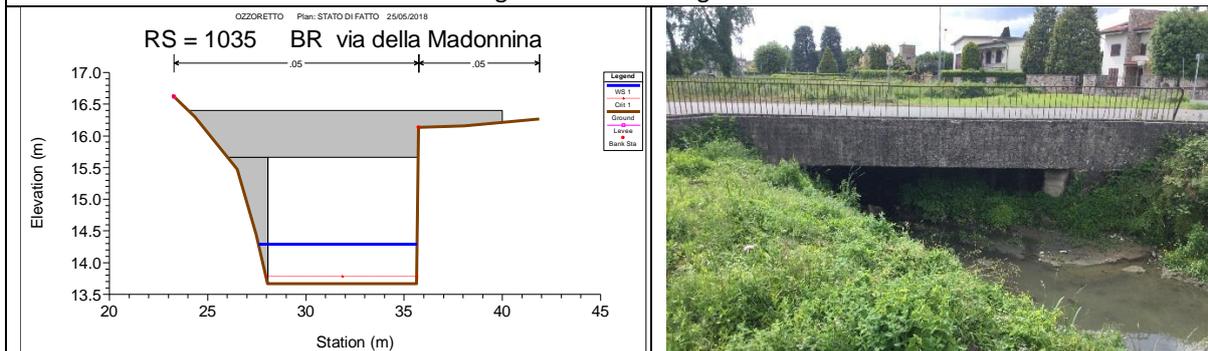


Figura 24. Via Madonna (SUD) – asse OE progr. Stradale km 0+125

Per un'analisi di dettaglio delle aree allagabili nello stato attuale si rimanda all'analisi effettuata con l'utilizzo del modello 2D del bacino del Canale Ozzoretto.

### 6.2.3 Verifiche relative allo scenario 3 di adeguamento del corso d'acqua

Tale scenario è stato analizzato per dimensionare correttamente i manufatti di attraversamento nei confronti di una portata idrologica con Tr 200 anni, nell'ottica di un futuro adeguamento del canale lungo i tratti che attualmente risultano insufficienti anche per portate idrologiche inferiori, come già indicato per lo scenario relativo allo stato di fatto.

L'opera così dimensionata sarà tale da non precludere la possibilità di interventi futuri lungo il corso d'acqua che attualmente risulta insufficiente al transito della portata duecentennale con adeguato franco.

A tal fine si è ipotizzato di adeguare il tratto del canale Ozzoretto a valle dell'attraversamento di Via dei Marchi per consentire il transito della portata idrologica duecentennale con franco di 1.0m rispetto alle sponde. Inoltre si è ipotizzato di regolarizzare il fondo alveo mantenendo una livelletta costante lungo tutto il tratto adeguato.

In tale analisi non è stato inserito il ponte della via Francigena, attualmente insufficiente, poiché non rientrante negli interventi in progetto relativi alla tangenziale di Lucca. Tale manufatto necessita anch'esso di adeguamento o rifacimento per consentire lo smaltimento della portata idrologica con tempo di ritorno duecentennale.

Nella figura seguente si riporta il profilo longitudinale del Canale Ozzoretto nella configurazione analizzata:

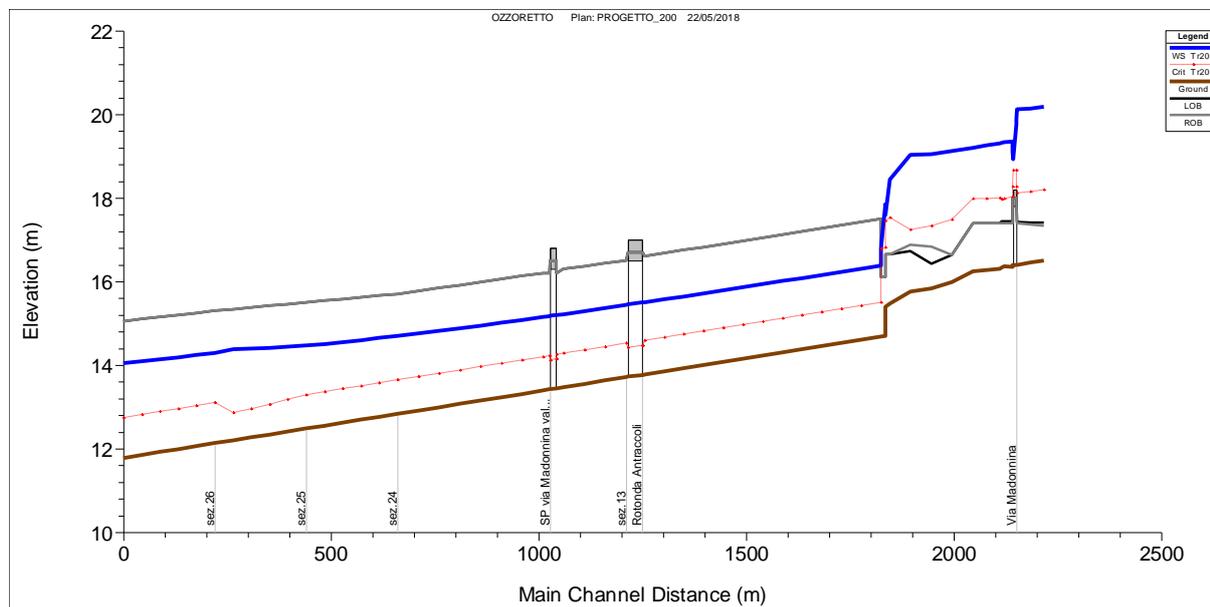
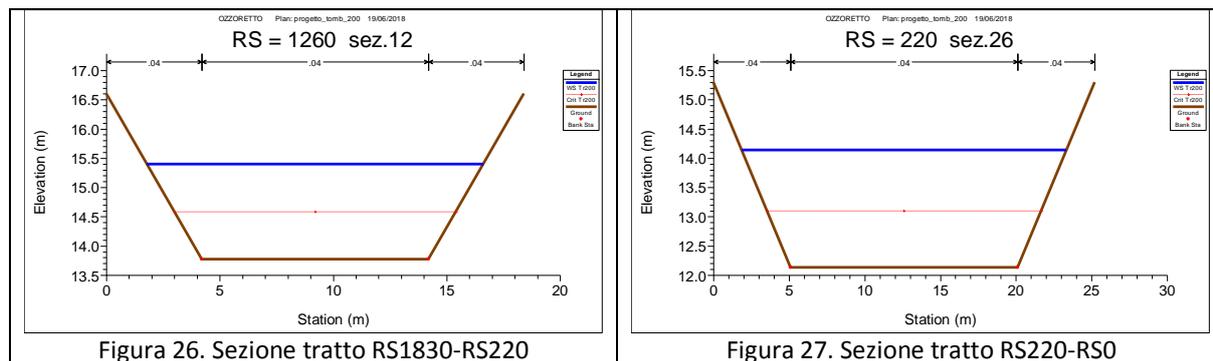


Figura 25. Profilo longitudinale del Canale Ozzoretto nella configurazione di adeguamento del corso d'acqua – Q = Tr200

Le analisi effettuate mostrano che per consentire il transito della portata di progetto, viste le pendenze assai ridotte del corso d'acqua, è necessario realizzare sezioni di forma trapezia con base minore di 10 m e altezza 3 m circa fino all'immissione del sottobacino Ozz\_2 (sezione

RS220), e di 15 m di base e altezza 3m fino a valle; in entrambi i tratti l'inclinazione delle sponde è 2/3.



L'attraversamento della rotatoria di Antraccoli avviene mediante la demolizione del manufatto esistente sotto l'attuale svincolo e realizzazione di due ponticelli (base 13 m e altezza fuori terra max 2.70 m) con intradosso minimo a quota 16.40 m slm separati da un canale a cielo aperto passante al centro della rotatoria.

Sotto la via Madonnina si prevede altresì la demolizione dell'attuale opera e realizzazione di un nuovo manufatto di attraversamento scatolare di base 10 m e altezza 2.60 m.

Con le suddette geometrie risulta essere garantito un adeguato franco all'interno delle opere progettate per il transito della portata di progetto Q200 nella fase di adeguamento futuro del corso d'acqua.

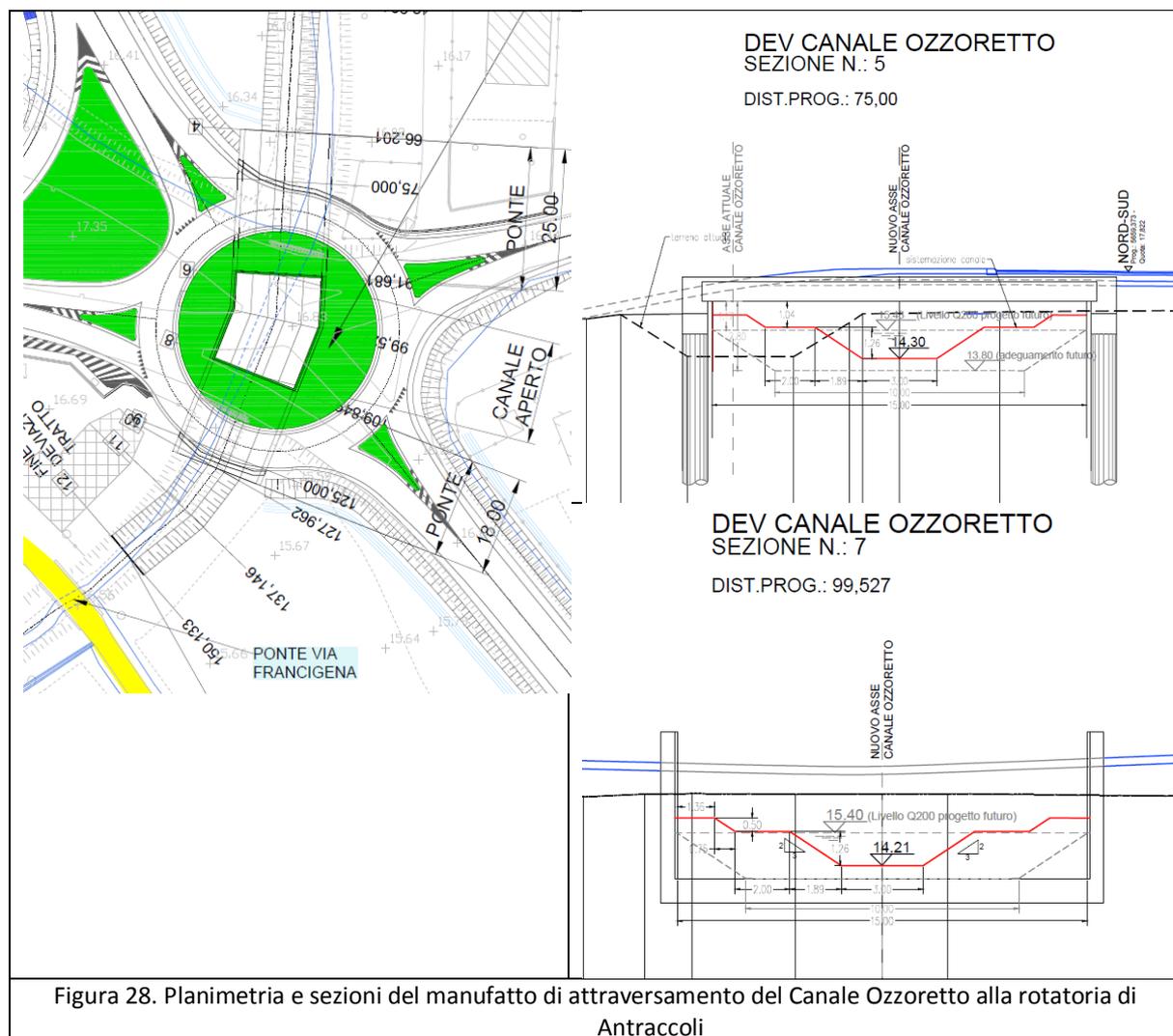
Nella tabella seguente si riportano in particolare le caratteristiche riassuntive dei manufatti di progetto ed i franchi idraulici:

| Ubicazione      | Tipologia opera       | Dimensioni  | Quota fondo monte | livello Tr 200 | Franco idraulico minimo | franco effettivo |
|-----------------|-----------------------|-------------|-------------------|----------------|-------------------------|------------------|
|                 | progetto              | Bxh         | (m slm)           | (m slm)        | (m)                     | (m)              |
| Rot. Antraccoli | Ponte                 | 15.0 x 2.80 | 13.80             | 15.44          | 1.00                    | 1.16             |
| Rot. Antraccoli | canale a cielo aperto | 15.0 x 2.80 | intermedia        | intermedia     | 1.00                    | -                |
| Rot. Antraccoli | Ponte                 | 15.0 x 2.80 | 13.75             | 15.38          | 1.00                    | 1.17             |
| Via Madonnina   | Scatolare             | 10.0 x 2.60 | 13.45             | 15.10          | 0.78                    | 0.94             |

I franchi minimi proposti fanno riferimento a:

- Per i ponti: valore maggiore tra 1.0 m e metà altezza cinetica ( $\frac{1}{2} V^2/2g$ )
- Per i tombini: massimo grado di riempimento del 70%

Mentre nelle figure seguenti si riporta uno stralcio delle tavole di progetto (elaborati T00ID01IDRPDI01A-02A):



Il manufatto di attraversamento di Via Madonna, anch'esso di forma rettangolare presenta le seguenti dimensioni: base 10 m e altezza 2.60 m, come mostrato nelle figure seguenti.

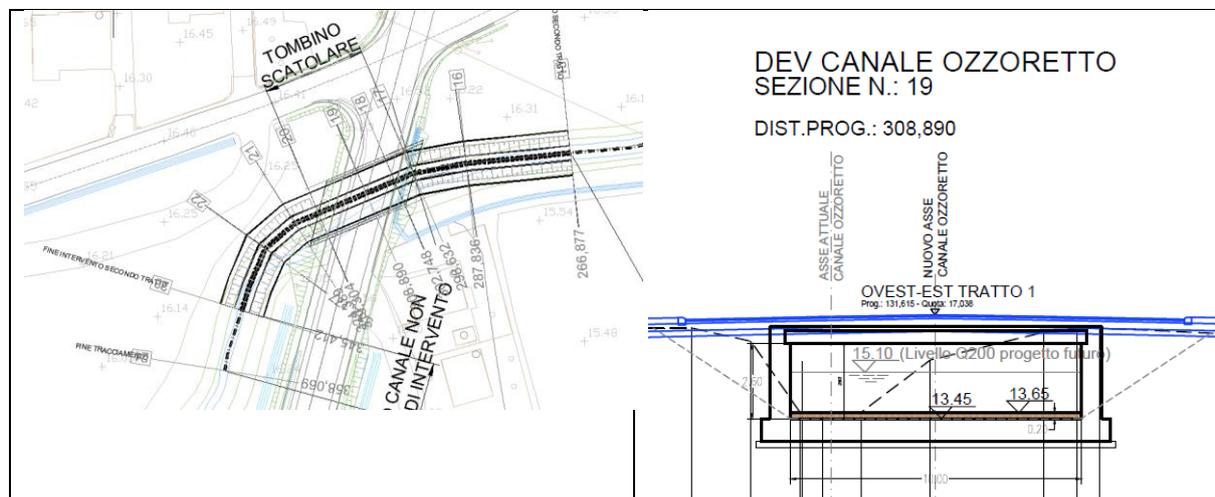


Figura 29. Stralcio planimetrico e sezione del manufatto di attraversamento del Canale Ozzoretto lungo Via Madonnina

Lo scenario indagato nel presente paragrafo, prevedendo il totale contenimento della portata idrologica per Tr 200 anni con franco di 1.0 m sulle sponde, non prevede l'ulteriore implementazione del modello bidimensionale, come invece è risultato necessario per gli scenari 1 e 2.

### 6.2.4 Verifiche scenario 2 - post operam

Il presente scenario è stato analizzato al fine di verificare il non aggravio della situazione di rischio a valle che si potrebbe manifestare a seguito del rifacimento dei manufatti di Antraccoli e di Via Madonnina in attesa del completo adeguamento delle sezioni del Canale Ozzoretto. Vista l'insufficienza delle sezioni poste a valle dei manufatti oggetto di rifacimento nello scenario intermedio non si presentano condizioni di aggravio del rischio a valle, poiché il profilo della corrente è fortemente condizionato da valle, come indicato nelle figure seguenti.

Per un'analisi di dettaglio delle aree allagabili nello scenario intermedio, e dell'interazione di queste con l'opera in progetto, si rimanda all'analisi effettuata con l'utilizzo del modello 2D del bacino del Canale Ozzoretto (cfr. paragrafi successivi).

Nelle figure seguenti si riportano i profili del Canale Ozzoretto calcolati per Tr=30, 100 e 200 anni confrontando la configurazione attuale e quella post operam, mentre per i risultati della modellazione si rimanda all'Allegato 4.

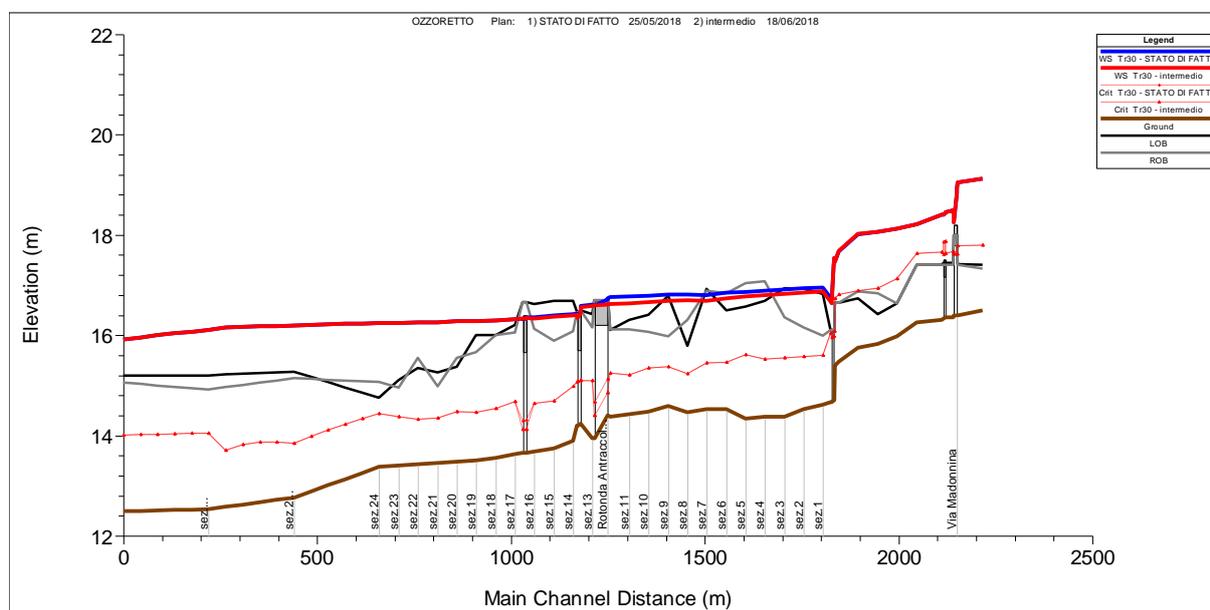


Figura 30. Profilo longitudinale del Canale Ozzoretto – Q = Tr30 anni. Confronto tra configurazione attuale (linea blu) e configurazione post operam (linea rossa)

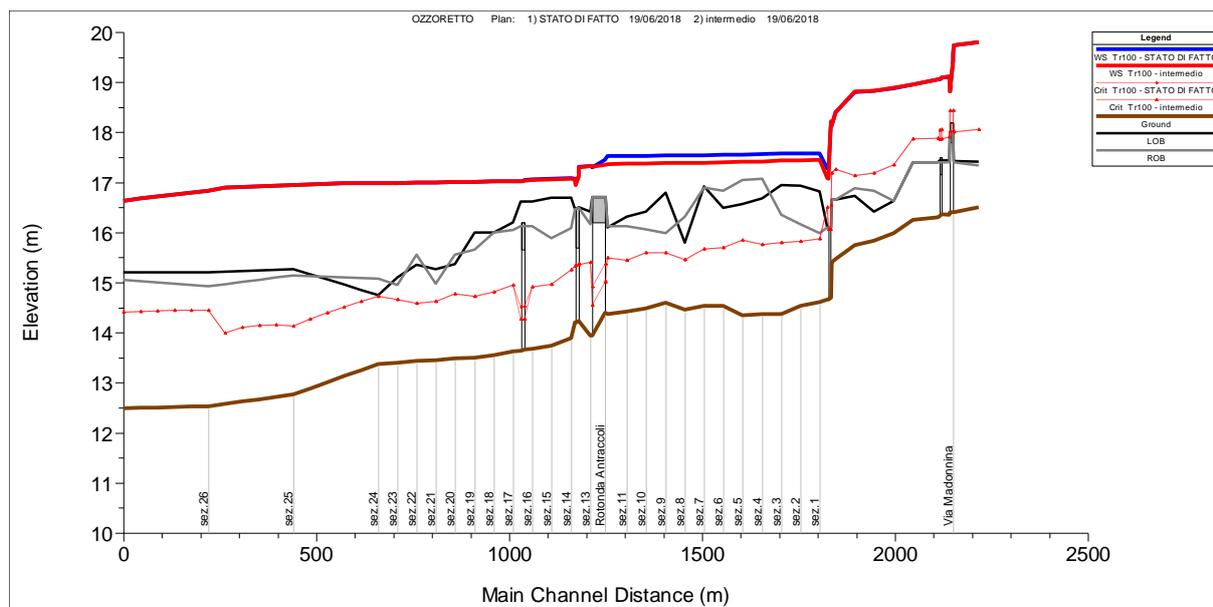


Figura 31. Profilo longitudinale del Canale Ozzoretto – Q = Tr100 anni. Confronto tra configurazione attuale (linea blu) e configurazione post operam (linea rossa)

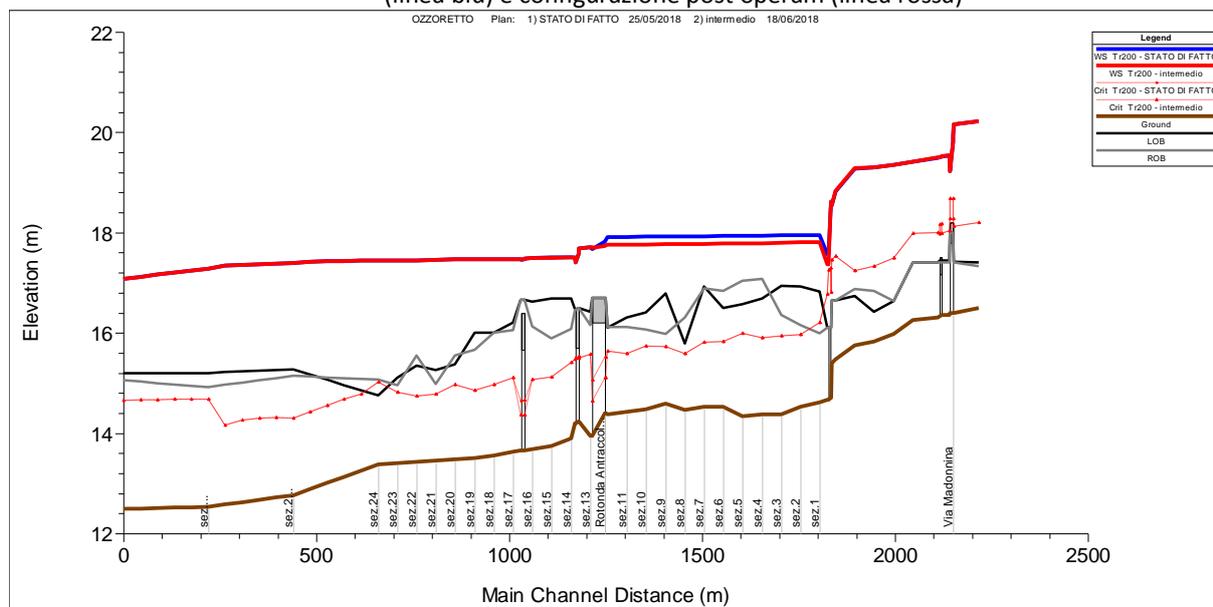


Figura 32. Profilo longitudinale del Canale Ozzoretto – Q = Tr200 anni. Confronto tra configurazione attuale (linea blu) e configurazione post operam (linea rossa)

### 6.3 Analisi idraulica con modello bidimensionale del bacino del Canale Ozzoretto

L'analisi idraulica con modello bidimensionale del bacino del Canale Ozzoretto è stata effettuata per valutare l'interazione dell'opera stradale in progetto con le aree limitrofe soggette ad allagamento, a causa dell'insufficienza delle sezioni esistenti del corso d'acqua. In particolare l'analisi ha consentito di:

1. verificare il non aggravio delle condizioni di rischio di allagamento a cui è soggetto il territorio limitrofo all'area di intervento;
2. verificare la compatibilità dell'opera in progetto rispetto ai tiranti idrici e alle velocità della corrente nelle zone soggette ad allagamento.

### **6.3.1 Il modello idraulico bidimensionale del Canale Ozzoretto**

Il modello idraulico bidimensionale del canale Ozzoretto è stato implementato utilizzando il software di calcolo Infoworks ICM 9.0, del quale si riporta una sintetica descrizione in Allegato 2. In particolare l'analisi idraulica è stata condotta con un modello numerico ibrido monodimensionale, per l'alveo del Canale Ozzoretto, accoppiato a quello bidimensionale per la piana alluvionale in condizioni di moto vario, tale da riprodurre variabili nel tempo e nello spazio sia la portata propagata che le relative grandezze quali tiranti e velocità della corrente. Il modello di calcolo bidimensionale consente di calcolare dettagliatamente lo scorrimento dell'acqua in due direzioni piane allorché la direzione trasversale a quella del moto longitudinale (tipica degli alvei fluviali) diventa non trascurabile come avviene nei moti di propagazione in una piana alluvionale. Tali modelli bidimensionali forniscono, livello idrico, velocità e direzione della corrente in ciascun elemento del dominio di calcolo (griglia) costruita su dati topografici di estremo dettaglio.

La figura seguente rappresenta uno schema planimetrico in cui si individua l'estensione del dominio di calcolo del modello idraulico pari a 30 km<sup>2</sup>, che ha origine circa 1km a monte del ponte su Via Madonnina nord. Il modello include l'area urbanizzata e una lunghezza d'asta totale di circa 4.5 km.

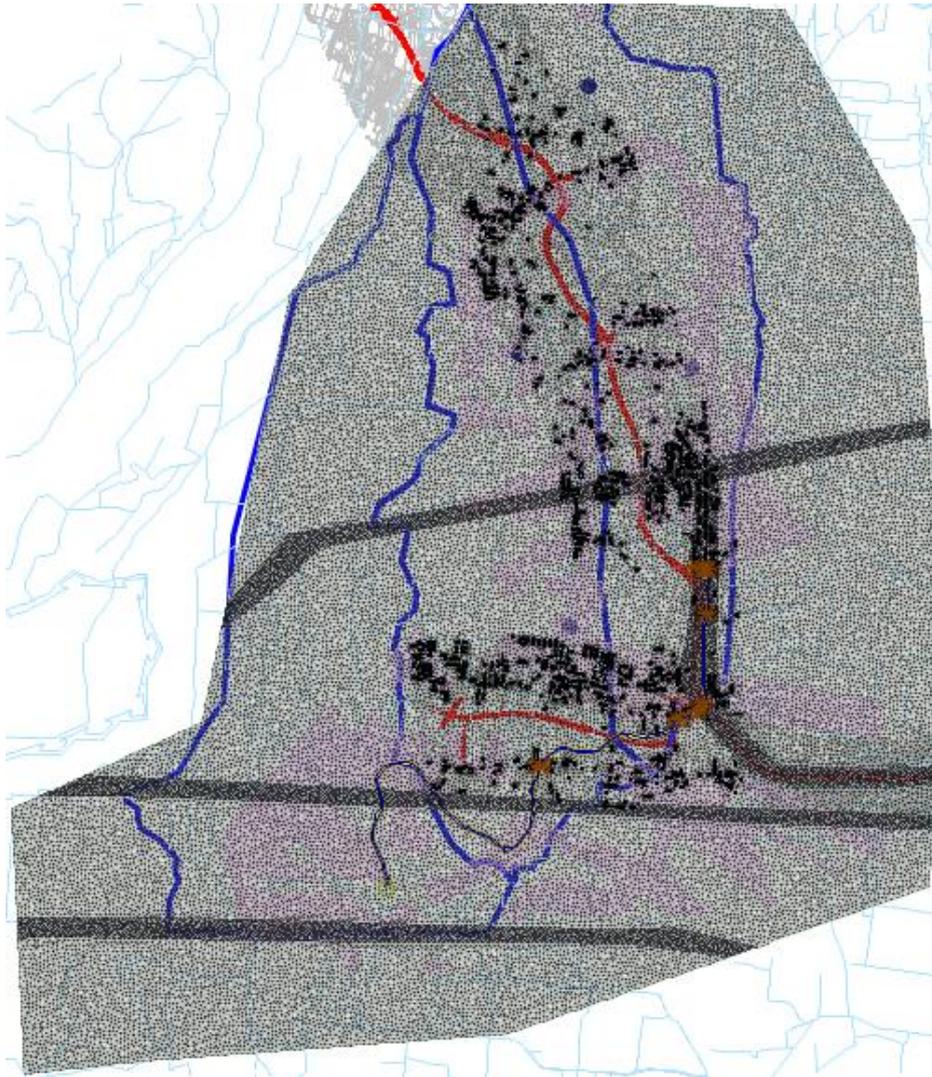


Figura 33. Schema planimetrico del modello idraulico: in giallo il dominio di calcolo del modello monodimensionale, in verde scuro l'area del dominio di calcolo del modello bidimensionale

### 6.3.2 La geometria del modello

La modellazione idraulica è stata eseguita accoppiando un modello monodimensionale per l'asta del Canale Ozzoretto, poiché la componente del moto è predominante sugli effetti di propagazione longitudinali, a un modello bidimensionale per la propagazione nelle aree circostanti delle acque fuoriuscite dall'alveo.

La geometria del modello monodimensionale (1D) è stata realizzata utilizzando le stesse sezioni implementate nel modello HEC-RAS ed integrandole verso valle con sezioni estratte dal rilievo LIDAR.

Nel modello sono stati inseriti tutti i ponti presenti lungo il tracciato del corso d'acqua in analogia con quanto effettuato per l'analisi monodimensionale.

L'area di pianura e le aree urbanizzate attraversate dal bacino del Canale Ozzoretto sono state riprodotte nel modello tramite il modello topografico del terreno (DTM) a celle 1x1m LIDAR risalente all'anno 2008 (fonte Regione Toscana).

L'analisi bidimensionale ha riguardato i sottobacini OZZ\_1 e Ozz\_2, così come definiti nell'analisi idrologica (Rel. T00ID00IDRRE01A) ed individuati nella corografia dei bacini (tavola T00ID00CO01A), poiché il sottobacino Ozz\_3 non interferisce con le opere in progetto.

Il modello idraulico bidimensionale è un modello con solutore agli elementi finiti, e pertanto è applicato a un dominio di calcolo (*mesh*) suddiviso in celle triangolari ricostruito tramite lo strumento di costruzione della mesh "2d Zone". Più le celle sono piccole, più il modello è di dettaglio, ma in questo caso i tempi di simulazione risultano più onerosi. Un buon compromesso dovuto all'estensione del dominio di studio e al grado di dettaglio richiesto ha individuato le dimensioni della mesh di calcolo comprese tra un valore minimo di 150 m<sup>2</sup> e un valore massimo di 600 m<sup>2</sup>.

Gli edifici presenti all'interno del bacino sono stati importati nel modello tramite dei poligoni impermeabili tratti dalla CTR.

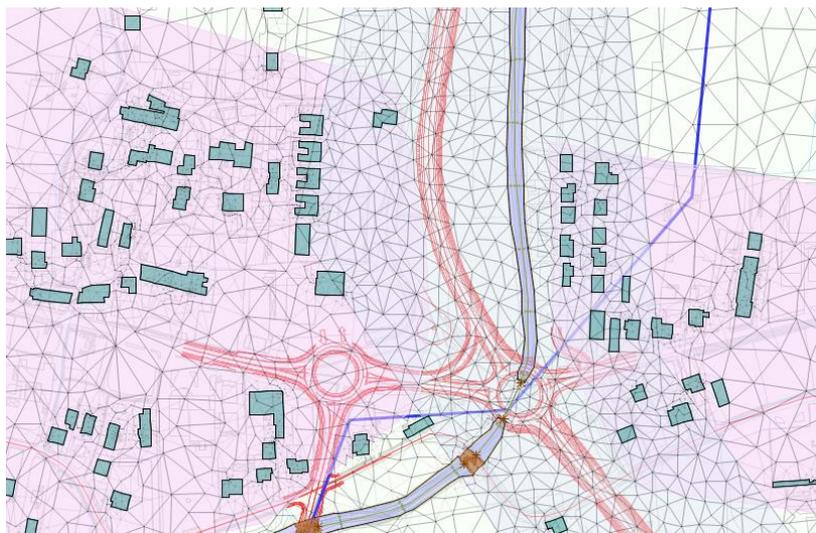


Figura 34. Particolare della mesh di calcolo a celle triangolari. Si individua l'asta del Canale Ozzoretto modellata in 1D (area priva di mesh). In verde gli edifici considerati come elementi impermeabili. In rosa la zona a scabrezza  $K_s$  40

Sono state poi inserite alcune zone a magliatura più raffittita, caratterizzate da celle di calcolo aventi superficie minima di 40 mq e massima di 160 mq al fine di rappresentare con più dettaglio i rilevati delle strade esistenti che attraversano il dominio di calcolo, così come quello della linea ferroviaria Pistoia-Lucca-Pisa e dell'Autostrada Firenze-mare.

La scabrezza del dominio monodimensionale è stata caratterizzata con valori pari a quelli utilizzati nell'analisi effettuata con il modello 1D HEC-RAS.

Alle aree interessate dalla presenza di edifici e strade è stata assegnata una scabrezza pari a  $40 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ .

Le verifiche sono state effettuate in moto vario, utilizzando gli idrogrammi di piena a diverso tempo di ritorno definiti nell'ambito dell'analisi idrologica del bacino in esame.

### 6.3.3 Verifiche ante operam

Al fine di simulare nel modo più verosimile l'allagamento del bacino del Canale Ozzoretto a seguito di eventi di piena a diverso tempo di ritorno, gli idrogrammi idrologici, calcolati nelle sezioni di chiusura dei rispettivi sottobacini, non sono stati inseriti nel modello come condizione al contorno di monte della componente 1D, poiché il reticolo idrico costituito dal Canale Ozzoretto e dagli altri canali irrigui non sono in grado di collettare fino a valle le portate idrologiche stimate. Infatti il reticolo irriguo presenta sezioni esigue rispetto alle portate di piena del PAI.

Si è quindi schematizzato il funzionamento 2D del bacino individuando all'interno di ciascun sottobacino 2 sezioni, definite come "sorgenti 2D", ad ognuna delle quali è stato applicato il 50% dell'idrogramma idrologico di quel sottobacino. A tale configurazione è stato assegnato l'identificativo di "bacino allargato".

Per quanto riguarda il sottobacino Ozz\_1, poiché l'alveo dell'Ozzoretto è in grado di far transitare a piene rive e con alcuni ponti in pressione circa  $5 \text{ mc/s}$ , l'idrogramma idrologico è stato tagliato a tale valore: la parte di idrogramma avente valori di portata minori di  $5 \text{ mc/s}$  è stata inserita come condizione al contorno di monte della componente 1D, mentre il resto dell'idrogramma è stato suddiviso tra le due sezioni sorgente 2D individuate.

Per il sottobacino Ozz\_2 non è stata inserita nessuna componente 1D, e pertanto come condizione al contorno di monte è stato inserito l'idrogramma idrologico calcolato.

Come condizione al contorno di valle è stata imposta l'altezza di moto uniforme sui bordi del dominio 2D.

Nelle figure seguenti si riportano gli idrogrammi così ottenuti per il sottobacino OZZ\_1 e OZZ\_2:

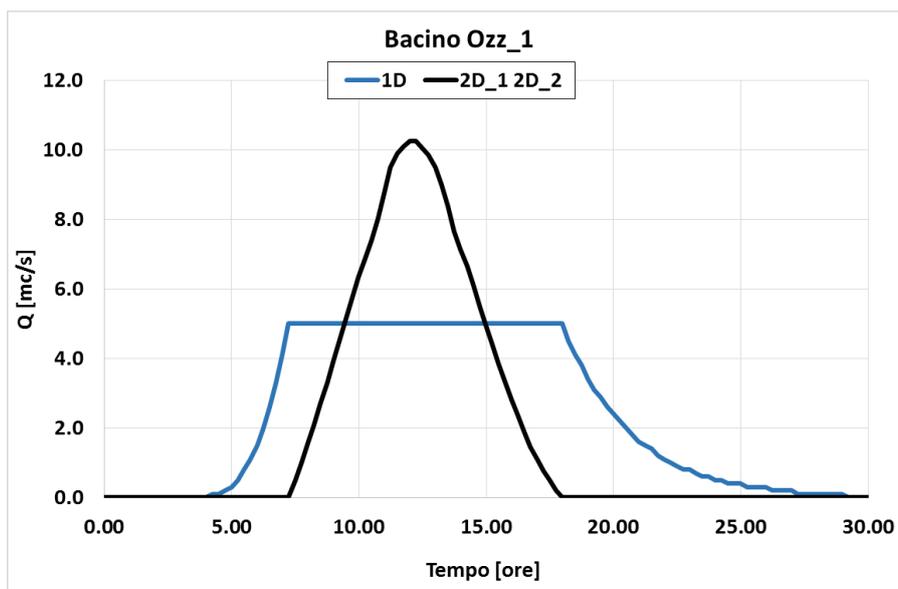


Figura 35. Idrogrammi idrologici per  $Tr=200$  anni relativi al sottobacino OZZ\_1 per le componenti del modello 1D, alveo dell'Ozzoretto, e 2D. Gli idrogrammi relativi alla componente 2D sono applicati nei punti sorgente 2D\_1 e 2D\_2

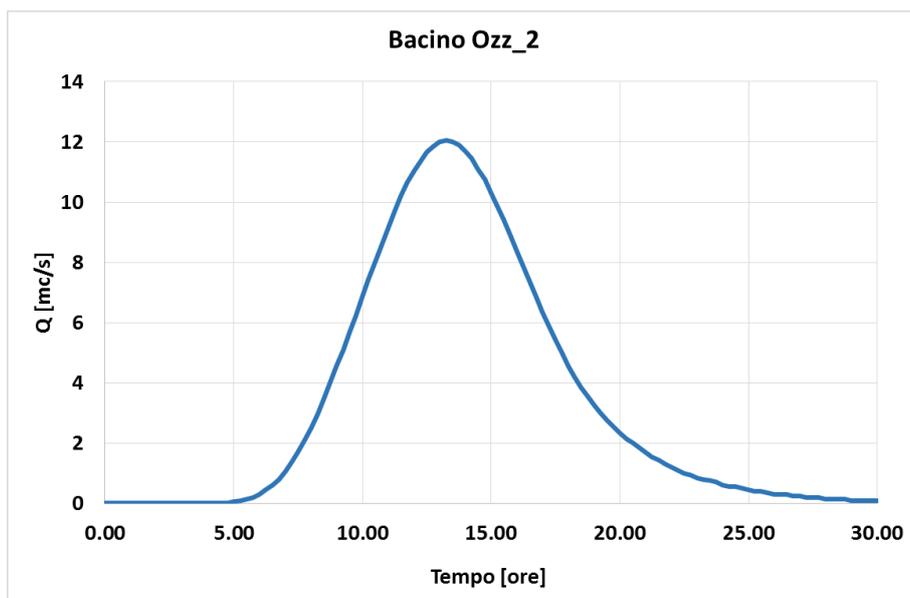


Figura 36. Idrogramma idrologici per  $Tr=200$  anni relativo al sottobacino OZZ\_2 applicato nei punti sorgente 2D\_3 e 2D\_4

Nella figura seguente è riportato il dominio di calcolo con l'indicazione delle 4 sezioni sorgente 2D individuate.

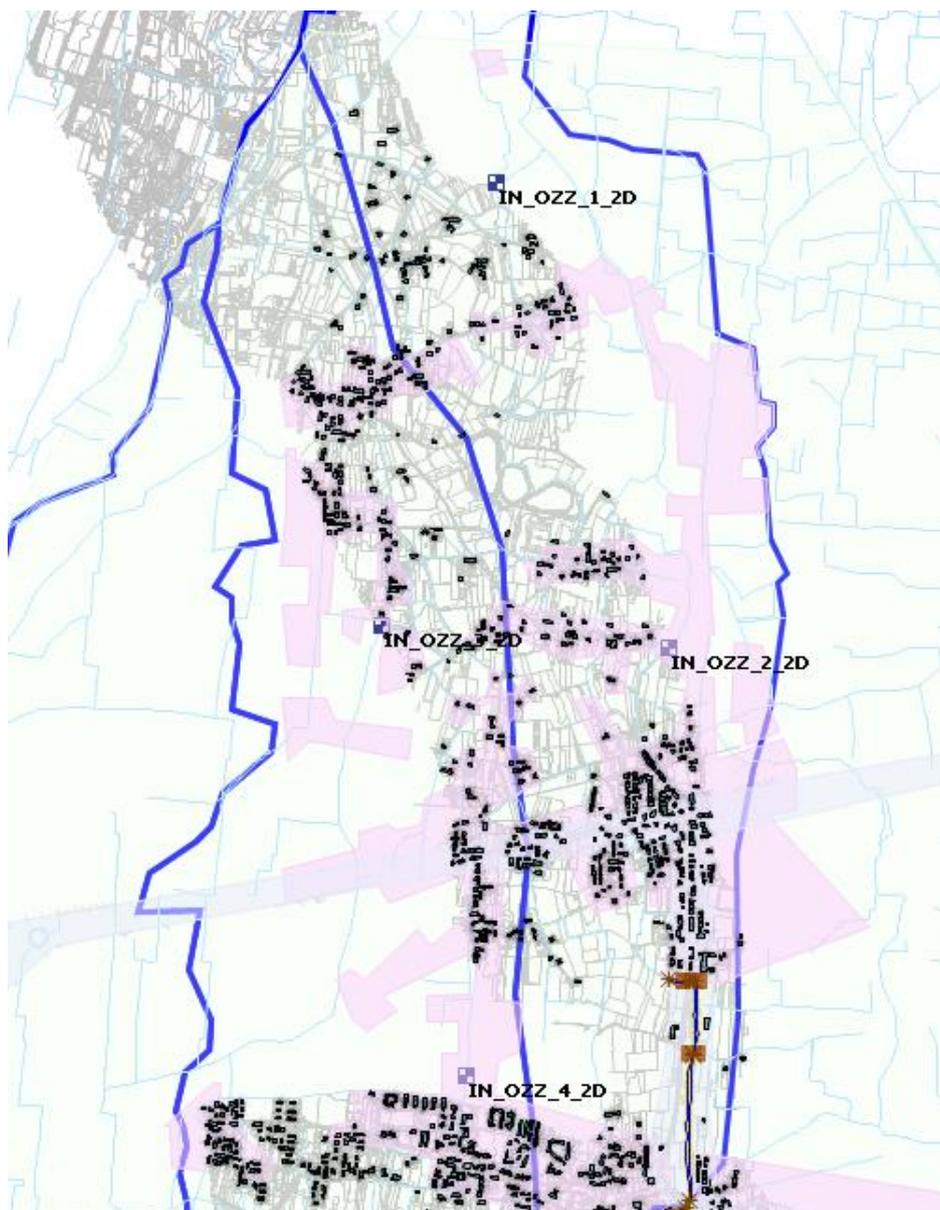


Figura 37. Dominio di calcolo 2D con l'indicazione dei 4 punti sorgente 2D individuati

Rispetto alle analisi effettuate da parte dell'AdB Serchio nelle quali l'idrogramma idrologico relativo al bacino dell'OZZ\_1 è stato caricato immediatamente a valle della rotatoria di Antraccoli, nella configurazione ottenuta dal presente modello 2D non risulta lo stesso allagamento delle aree limitrofe all'asse OE a sud della rotatoria di Antraccoli.

Pertanto, al fine di simulare le condizioni di allagamento suddette è stata generata un'ulteriore configurazione di calcolo in analogia a quella adottata dall'AdB Serchio.

Tale configurazione è stata denominata "ponte Francigena".

Pertanto per definire complessivamente le aree di allagamento relative al bacino dell'Ozzoretto si è proceduto a unire i risultati ottenuti dalla configurazione denominata "bacino allargato" a quelli derivanti dalla configurazione denominata "ponte Francigena" (involuppo delle aree).

La figura seguente riporta l'insieme delle aree allagabili per  $Tr=200$  anni relativamente allo stato attuale; l'estensione complessiva delle aree soggette ad allagamento è di circa 560 ha.

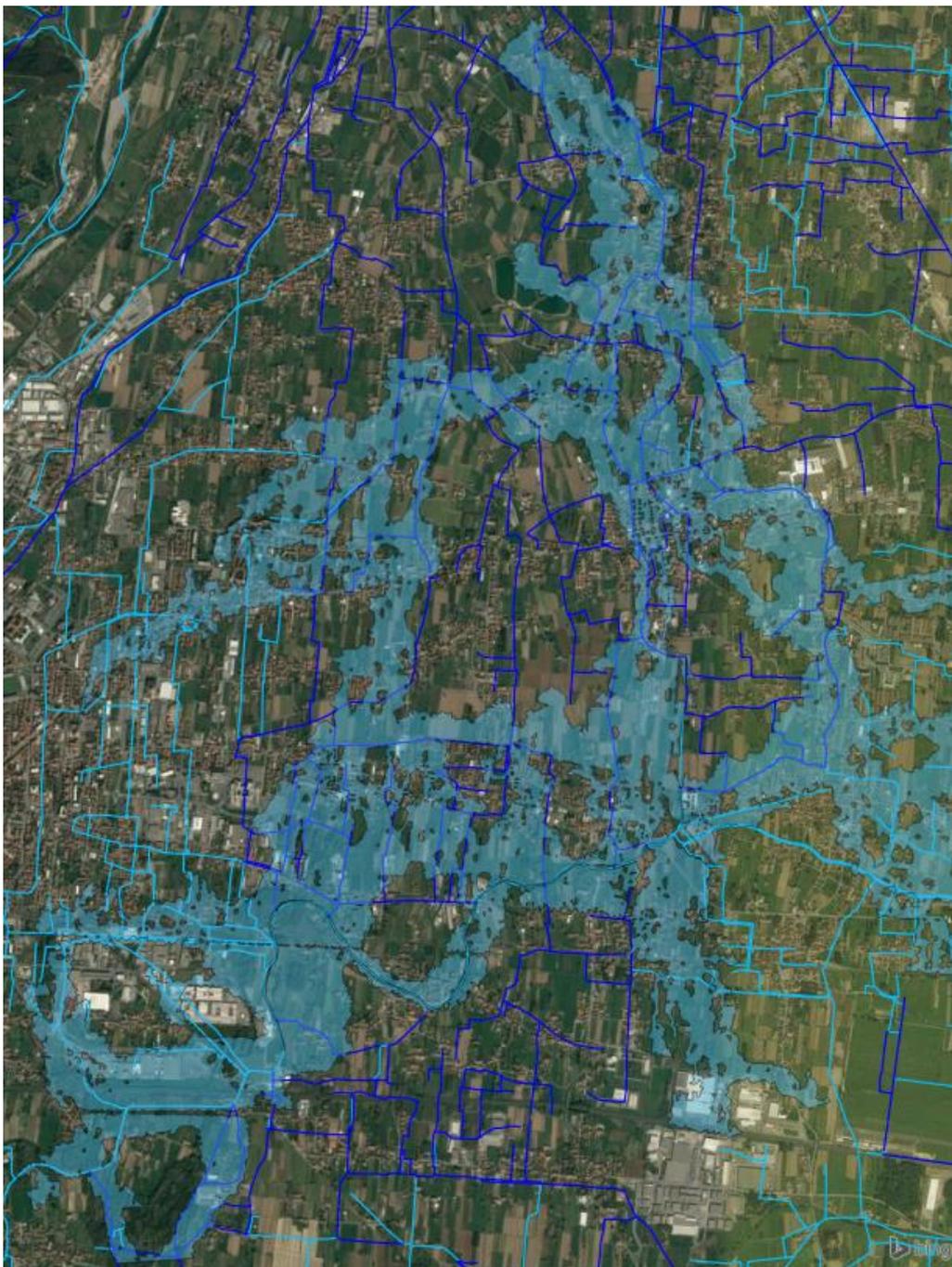


Figura 38. Aree soggette ad allagamento nel bacino dell'Ozzoretto per  $Tr=200$  anni per effetto degli idrogrammi idrologici relativi ai sottobacini Ozz\_1 e Ozz\_2

Dall'analisi della carta dei tiranti idrici per  $Tr=200$  anni si osserva che allo stato attuale gli allagamenti sono caratterizzati da tiranti compresi tra 10 e 30 cm, sulla quasi totalità delle aree. L'area dove si osservano tiranti maggiori è quella ubicata a valle della rotatoria di Antraccoli,

laddove al contributo del sottobacino Ozz\_1 si somma anche il contributo del sottobacino Ozz\_2: qui si osservano tiranti fino a 1.0 m.

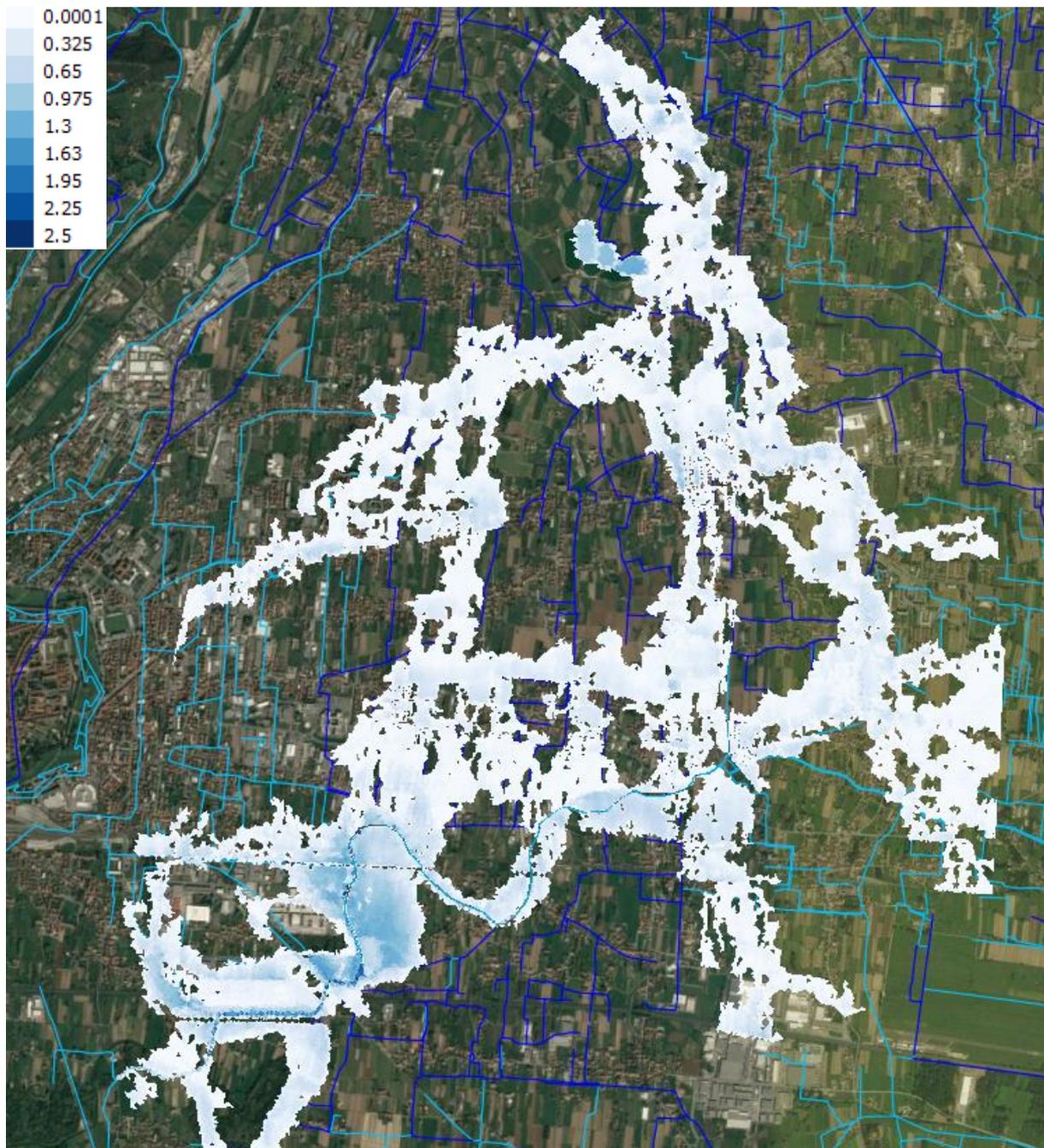


Figura 39. Tiranti idrici (m) relativi al bacino dell'Ozzoretto allo stato attuale per  $Tr=200$  anni.

Nella figura seguente sono infine riportate le velocità della corrente relativamente allo scenario  $Tr200$  anni:

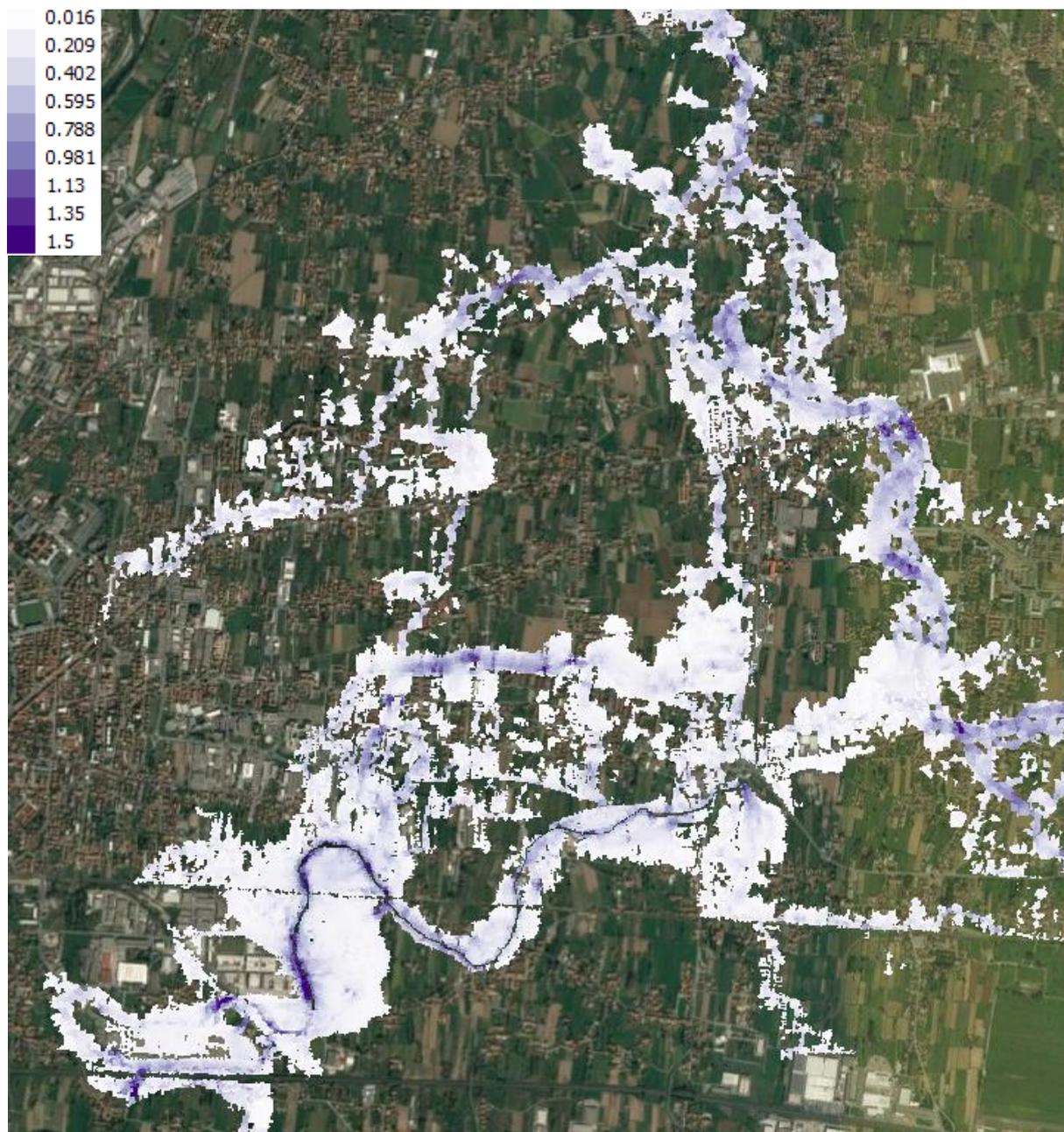


Figura 40. Carta delle velocità (m/s) relative al bacino dell'Ozzoretto allo stato attuale per  $Tr=200$  anni.

Le velocità della corrente risultano mediamente dell'ordine di 0.15-0.2 m/s, viste le basse pendenze del terreno all'interno del bacino dell'Ozzoretto.

#### 6.3.4 Verifiche post operam – scenario di progetto

Per le verifiche post operam si è utilizzato lo stesso procedimento, descritto per le verifiche ante operam, di suddivisione dei contributi idrologici lungo il bacino.

La geometria del modello è stata modificata inserendo i rilevati stradali di progetto della tangenziale di Lucca, definito utilizzando il corrispondente solido 3D.

Successivamente sono stati inseriti tutti i tombini di progetto necessari per garantire la continuità al reticolo idrico minore e irriguo, nonché le sezioni di progetto dei manufatti di attraversamento del Canale Ozzoretto in corrispondenza della rotatoria di Antraccoli e di Via Madonnina.

Le verifiche sono state effettuate sia per la configurazione “bacino allargato” sia per la configurazione “ponte Francigena”, e successivamente sono stati uniti i risultati per definire le aree allagabili complessive, mostrate nella figura seguente.

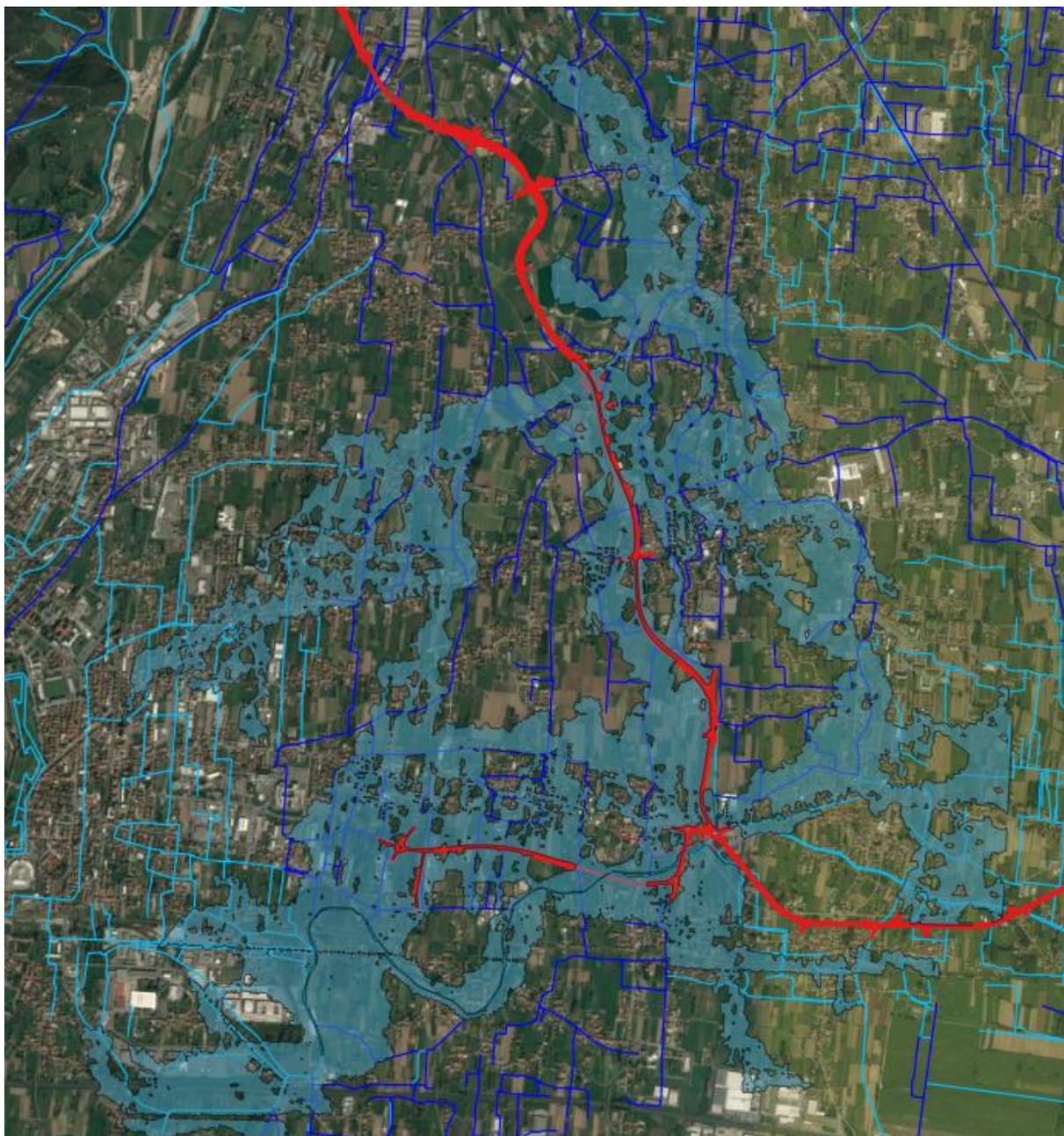


Figura 41. Aree soggette ad allagamento nel bacino dell'Ozzoretto per  $Tr=200$  anni per effetto degli idrogrammi idrologici relativi ai sottobacini Ozz\_1 e Ozz\_2 nella configurazione di progetto

Dall'analisi della carta dei tiranti idrici per  $T_r=200$  anni, rappresentata nella figura seguente, si osserva che la configurazione di progetto non altera in maniera sensibile l'estensione delle aree allagabili.

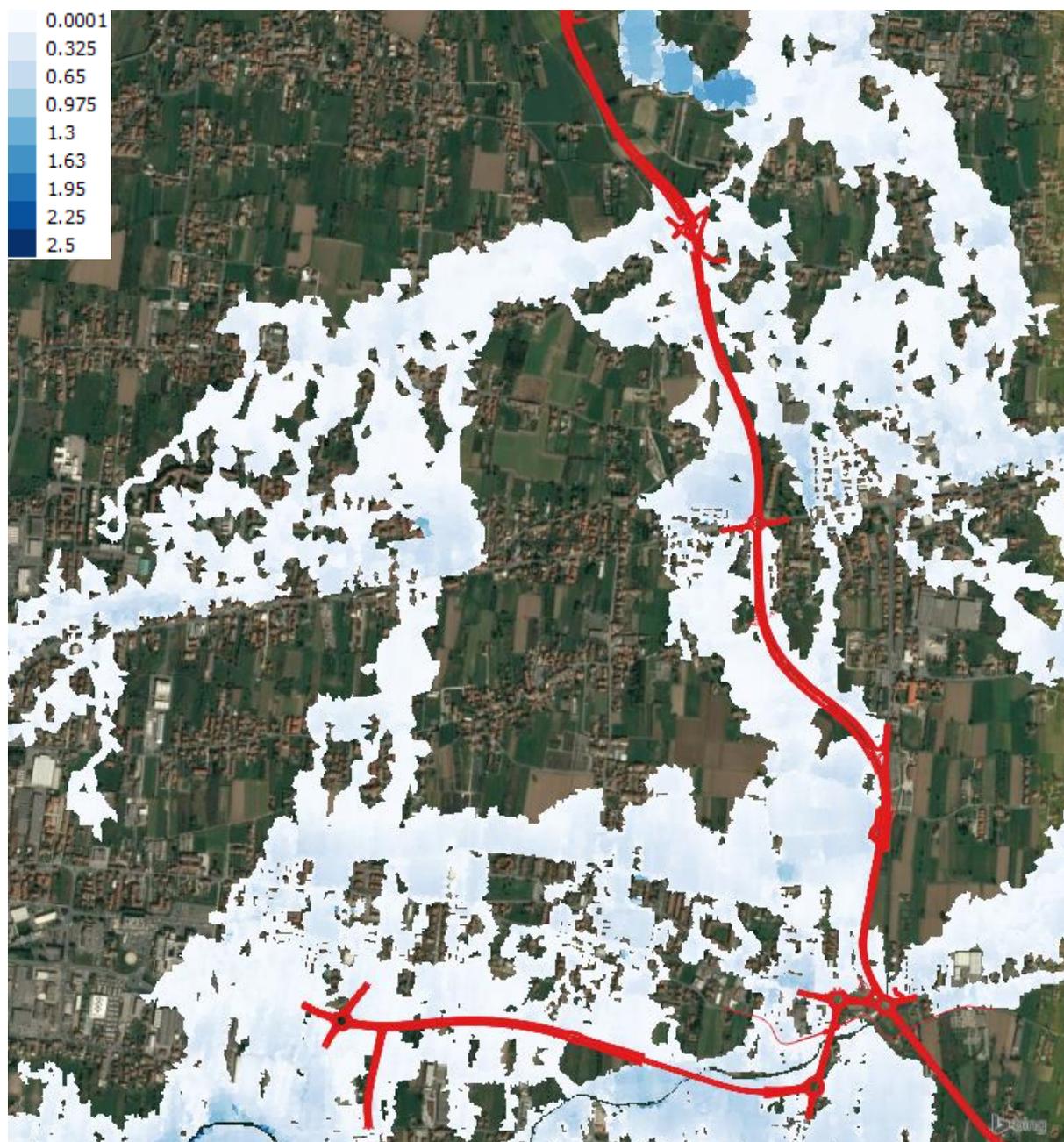


Figura 42. Tiranti idrici (m) relativi al bacino dell'Ozzoretto nella configurazione di progetto per  $T_r=200$  anni

In particolare si può osservare che il rilevato in progetto non è soggetto al sormonto da parte delle acque.

Laddove il rilevato di progetto attraversa aree allagabili è sempre garantito un franco maggiore a 1.0 m:

- Asse NS progr. 3000-3700: massimo tirante  $h = 0.3$  m. altezza min. rilevato = 3.0 m

- Asse NS progr. 3700-4100 massimo tirante  $h = 0.7$  m. altezza min. rilevato = 2.0 m
- Asse NS progr. 4100-4900: massimo tirante  $h = 0.15$  m. altezza min. rilevato = 2.6 m
- Asse NS progr. 4900-5600: massimo tirante  $h = 0.4$  m. altezza min. rilevato = 1.80 m
- Asse OE progr. 80 -125: massimo tirante  $h = 0.4$  m. altezza min. rilevato = 3.0 m
- Asse OE - Viadotto: massimo tirante  $h = 0.55$  m. altezza = 5.0 m
- Asse OE progr. 550-1400: massimo tirante  $h = 0.35$  m, altezza min. rilevato = 2.2 m
- Asse OE progr. 1400-1425: massimo tirante  $h=0.35$  m, altezza min. rilevato = 1.5 m

Alla progressiva 4050 asse NS, in corrispondenza della rotatoria Pesciatina, poiché il rilevato di progetto si raccorda alle quote attuali del terreno non è garantito il franco di 1.0 m rispetto al massimo tirante idrico ( $h=0.7$ m). Tuttavia, essendo il rilevato di altezza 0.9 m, il tracciato in progetto non risulta allagabile.

Analogamente lungo l'asse OE tra le progressive 25 e 50 si osservano tiranti massimi dell'ordine di 0.15 m laddove l'altezza del rilevato è compresa tra 60 e 80 cm: non è garantito il franco di 1.0 m, tuttavia il tracciato risulta comunque non allagabile.

Dal raffronto tra le aree allagabili ante e post-operam si osserva che la presenza del rilevato stradale in progetto dell'asse NS genera una riduzione dei livelli idrici dell'ordine di 10 cm nella parte orientale del bacino, e un conseguente incremento, dell'ordine di 10-15 cm tra le progressive 4900 e 5600, a ovest del rilevato stesso. Ciò è dovuto al fatto che, nonostante la presenza di numerosi tombini aventi la funzione di garantire la continuità idraulica del reticolo, la naturale pendenza del terreno, che a sud della via Pesciatina è in direzione E-O, non consente lo scolo di queste acque in contropendenza.

Un accumulo maggiore è localizzato a monte della rotatoria di collegamento tra la tangenziale in progetto e la via Pesciatina, laddove già attualmente è presente un avvallamento del terreno, e dove la via Pesciatina stessa si comporta da sbarramento al deflusso superficiale. In quest'area, avente un'estensione di circa 65'000 mq, si verificherebbe un accumulo di circa 25'000 mc, nello scenario di progetto  $Tr=200$  anni, con tiranti massimi dell'ordine di 70 cm.

Nella figura seguente sono riportate le differenze tra i tiranti idrici (m) relativi al bacino dell'Ozzoretto per  $Tr=200$  anni nella configurazione di progetto e in quella attuale. Con sfumature di verde sono rappresentate le differenze positive ( $h_{\text{progetto}} > h_{\text{attuale}}$ ), con sfumature di violetto le differenze negative ( $h_{\text{progetto}} < h_{\text{attuale}}$ ).

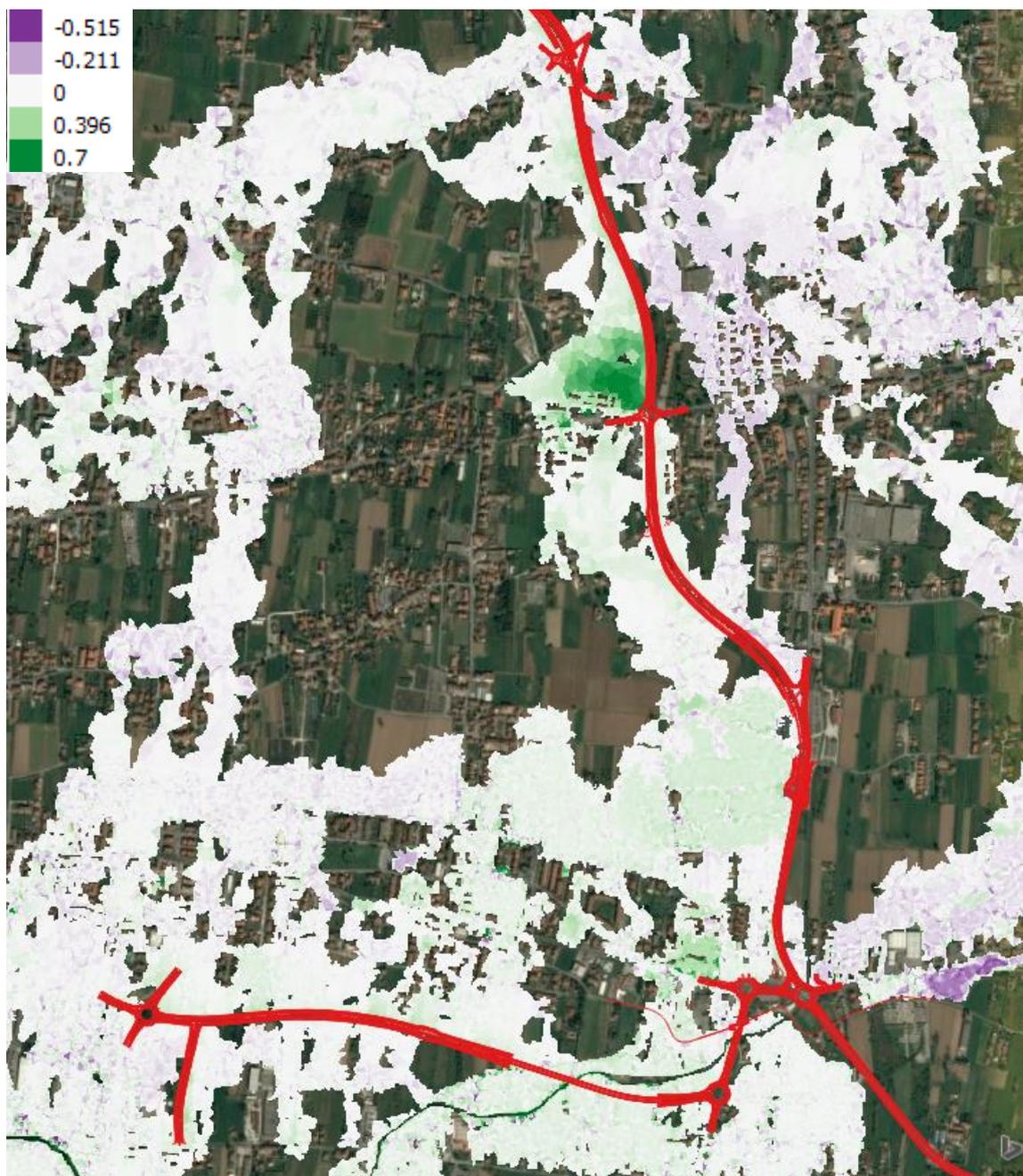


Figura 43. Differenza tra i tiranti idrici (m) relativi al bacino dell'Ozzoretto per  $Tr=200$  anni nella configurazione di progetto e in quella attuale. In verde differenze positive ( $h_{\text{progetto}} > h_{\text{attuale}}$ ), in violetto differenze negative ( $h_{\text{progetto}} < h_{\text{attuale}}$ )

In merito ai risultati ottenuti occorre tuttavia precisare che:

- Il reticolo irriguo presente nell'area di interesse dell'Asse N-S presenta una complessità idraulica notevole data la presenza di tantissimi nodi e piccoli attraversamenti difficilmente riproducibile in una modellazione a larga scala; pertanto è stata schematizzata nella modellazione bidimensionale con ipotesi largamente semplificate e cautelative. I risultati della modellazione vanno quindi intesi solo come indicazione

qualitativa dei possibili fenomeni che potrebbero prodursi per eventi di rara frequenza e comunque si ritiene che siano estremamente cautelativi;

- A suffragio di quanto evidenziato al punto precedente i vincoli di Pericolosità idraulica di Pianificazione di Assetto idrogeologico (PGRA) definiscono l'area a pericolosità bassa P1, cioè caratterizzata da eventi alluvionali rari e di estrema intensità ( $Tr > 200$  anni) e pertanto le analisi di compatibilità idraulica non sono formalmente richieste;
- nell'ambito della simulazione 2D, un incremento o decremento di battente dell'ordine di 10-15 cm può rientrare nell'ordine dell'incertezza della stima idrologica e delle ipotesi adottate (come ad esempio il punto di immissione degli idrogrammi idrologici, e la stessa distribuzione delle portate considerata).

Premesso ciò, sono state comunque studiate in via preliminare due ipotesi volte a stabilire eventuali soluzioni progettuali in grado di mantenere il più possibile inalterate le condizioni di allagamento in area P1 dello stato di progetto rispetto allo stato attuale, in particolare:

- Scenario Post Op-Alternativa 1: individuazione di un'area di invaso della capacità di 40'000 mc circa in prossimità della rotatoria di via Pesciatina (a nord-ovest). Lo svuotamento di tale invaso dovrebbe avvenire mediante l'utilizzo della fognatura posta al di sotto della Via Pesciatina stessa, la cui quota di scorrimento è posta al di sotto del fondo invaso.
- Scenario Post Op - Alternativa 2: garantire la massima trasparenza idraulica tra le pr. 3000 e 3350 tramite inserimento di un numero adeguato di tombini scatoari 2.5x2.0m posizionati in direzione del flusso della corrente che nello stato di fatto segue la direzione di scorrimento da NO verso SE, per rendere invariante l'intervento rispetto allo scenario di allagamento dello stato di fatto.

L'applicazione di una delle due soluzioni (invaso o tombini), seppur migliorative, andrebbe attentamente valutata in relazione sia all'incertezza delle ipotesi modellistiche di base, sia all'impatto degli interventi dal punto di vista economico, gestionale e ed ambientale/paesaggistico.

Si ritiene che tale soluzione potrà eventualmente essere oggetto di valutazione da parte delle Autorità Competenti.

In allegato 5 si riportano, per completezza di trattazione, i risultati delle simulazioni eseguite per l' Alternativa 1.

Di seguito invece sono riportate le velocità della corrente relativamente allo scenario di progetto per Tr200 anni: le zone allagabili che lambiscono il rilevato in progetto sono caratterizzate da velocità ridotte, dell'ordine di 0.2-0.3 mc/s; tuttavia sono presenti alcuni tratti in cui la corrente ha velocità fino a 0.6-0.7 m/s.



Si ritiene quindi necessario dotare il rilevato in progetto di una protezione al piede nei confronti dell'erosione della corrente idrica costituita da un rivestimento della parte bassa della scarpata in materassi tipo reno dello spessore di 30 cm.

Tale protezione riguarda i seguenti tratti:

- asse NS tra le progr. 3+000 e 4+000 e tra 5+000 e 5+700;
- asse OE tra le progr: 0 e 1+425

Analogamente alla base delle spalle del viadotto OE, dove si registrano velocità dell'ordine di 0.8-0.9 m/s, si rende necessario realizzare un rivestimento del rilevato mediante l'impiego di materassi Reno, al fine di preservare l'integrità dell'opera.

Nelle planimetrie di progetto e sezioni tipo stradali sono meglio rappresentati i tratti di protezione indicati.

Tutti i risultati sono rappresentati in forma grafica nei seguenti elaborati:

- T00ID01PL01-02 (Planimetria delle aree di potenziale esondazione Ante e Post Operam per Tr 30 e 200 anni, inquadramento generale e di dettaglio)
- T00ID01PL03-04 (Mappa dei battenti per Tr 200 anni, ante e post operam)
- T00ID01PL05 (Mappa dei battenti per Tr 200 anni: confronto ante e post operam)
- T00ID01PL06-07 (Mappa delle velocità per Tr 200 anni, ante e post operam)

## **6.4 Stima degli scalzamenti attesi in corrispondenza delle pile del viadotto Ozzoretto**

### **6.4.1 Premessa**

Nel presente paragrafo viene svolta un'analisi quantitativa del massimo scalzamento atteso in corrispondenza delle pile del Viadotto Ozzoretto, in funzione dei battenti e delle velocità individuate a valle della modellazione bidimensionale nello scenario di progetto.

Occorre precisare che le pile sono ubicate in un'area di espansione della piena di progetto (portata idrologica per 30 anni  $> Tr > 200$  anni) ma esternamente all'alveo del canale, pertanto sono interessate da velocità della corrente relativamente basse.

Di seguito si riporta la tabella con i parametri idraulici risultanti:

| N. Pila | Pk<br>(asse OE - tratto 2) | Vel. | tirante | livello idrico |
|---------|----------------------------|------|---------|----------------|
|         |                            | m/s  | m       | m sm           |
| 1       | 0+184.257                  | 0.30 | 0.70    | 15.6           |
| 2       | 0+234.257                  | 0.45 | 0.73    | 15.6           |
| 3       | 0+284.257                  | 0.3  | 1.0     | 15.6           |
| 4       | 0+334.257                  | 0.5  | 0.7     | 15.7           |
| 5       | 0+384.257                  | 0.3  | 0.8     | 15.6           |
| 6       | 0+437.257                  | 0.2  | 0.6     | 15.6           |
| 7       | 0+484.257                  | 0.4  | 0.1     | 15.9           |

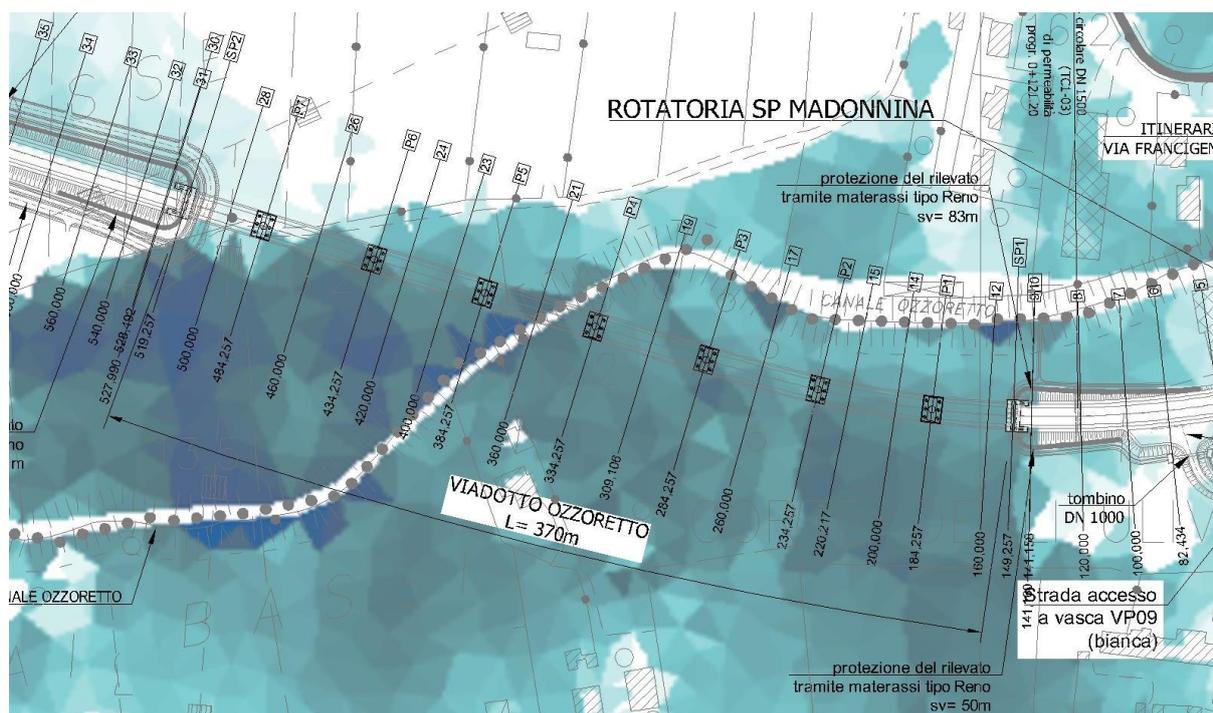
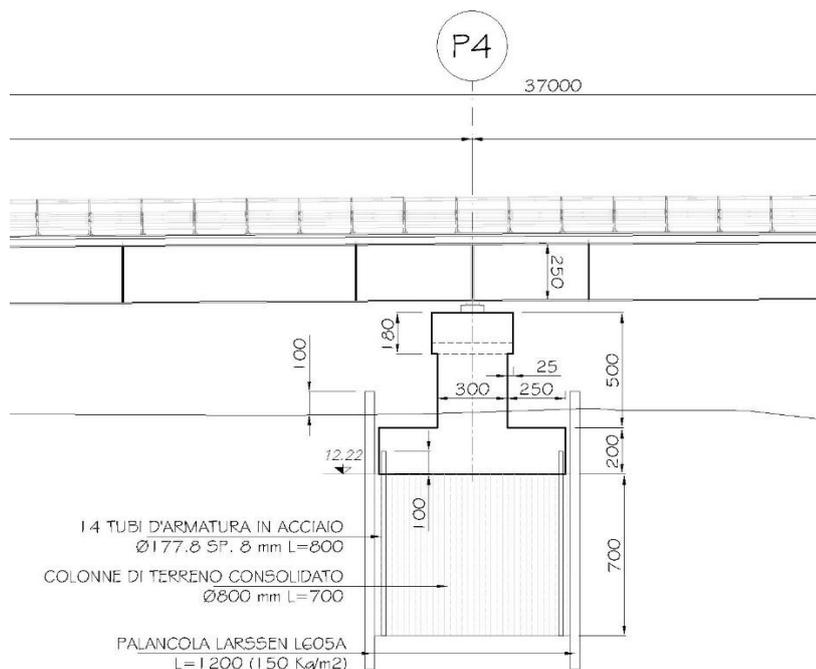


Figura 45. Stralcio carta dei battenti relativi al bacino dell'Ozzoretto nello stato di progetto per  $Tr=200$  anni

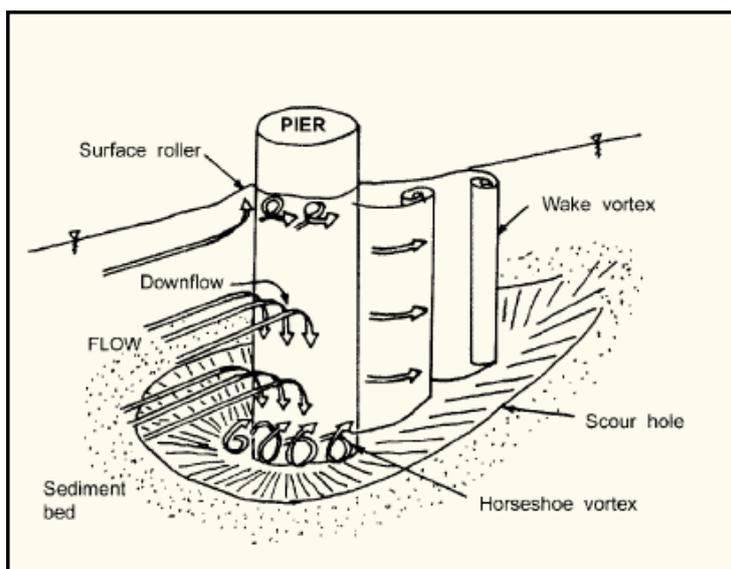
L'asse del Canale Ozzoretto ricade tra le pile 4 e 5.

Le pile saranno fondate su fondazioni dirette (plinto 8.0m x 11.0m x 2.0m), da realizzare previa colonne verticali di terreno consolidato con jet-grouting fino a 7.0 m di profondità, realizzato con palancole perimetrali provvisorie con infissione 12 m, da recuperare successivamente.



#### 6.4.2 Verifiche

In generale, la presenza di una pila in alveo, oltre a causare un incremento della velocità della corrente per effetto del restringimento della sezione, determina contemporaneamente la formazione di un sistema vorticoso, a forma di ferro di cavallo, che avvolge planimetricamente tutta l'area circostante la pila stessa e che determina, nel caso di alvei costituiti da materiali incoerenti, l'innescarsi di fenomeni di erosione localizzata.



Schema del sistema di vortici nell'interazione della corrente con una pila cilindrica  
(tratto da Breusers e Raudkivi, 1991)

In letteratura sono disponibili numerose formule empiriche o semiempiriche.

Per la valutazione dell'entità del massimo scalzamento atteso in corrispondenza delle pile dei viadotti si è fatto riferimento alla formulazione di Breusers:

$$ds/s = f_1(V_o/V_c) * [2 * \tanh(y_o/s)] f_2(\text{forma}) f_3(\alpha, l)$$

in cui:

- $ds$  è la profondità di scavo misurata dal fondo alveo indisturbato;
- $s$  è la larghezza della pila di lunghezza  $l$ ;
- $y_o$  è il battente idrico;
- $V_o$  è velocità della corrente indisturbata dalla presenza della pila;
- $V_c$  è la velocità critica di trascinamento, intesa come valor medio della velocità della corrente in corrispondenza del quale si ha l'incipienza del moto del materiale costituente il fondo;
- $\alpha$  è l'angolo che la direzione della corrente forma con l'asse della pila.
- $f_1, f_2, f_3$  coefficienti adimensionali.

La velocità critica  $V_c$  viene espressa attraverso la relazione:

$$V_c = 0.85 * [2 * g * d * (\gamma_s/\gamma - 1)]^{1/2}$$

in cui:

- $g$  è la costante di gravità;
- $d$  dimensione caratteristica dei sedimenti;
- $\gamma_s$  è il peso specifico dei sedimenti;
- $\gamma$  è il peso specifico dell'acqua.

mentre il coefficiente  $f_1 = f_1(V_o/V_c)$  è pari a:

- $f_1 = 0$  per  $V_o/V_c \leq 0.5$
- $f_1 = 2 * V_o/V_c - 1$  per  $0.5 < V_o/V_c \leq 1.0$
- $f_1 = 1$  per  $V_o/V_c > 1.0$

ed i coefficienti  $f_2$  ed  $f_3$  sono pari a 1 nel caso di pile circolari.

I parametri per il calcolo degli scalzamenti attesi in corrispondenza delle pile del viadotto che ricadono in area di esondazione sono sintetizzati nel seguente prospetto, dove sono altresì riportati i valori degli scalzamenti stimati, utilizzati per il dimensionamento delle opere di fondazione.

|                          |            |       |                      |
|--------------------------|------------|-------|----------------------|
| diametro caratteristico  | D50        | 0.001 | (m)                  |
| peso specifico sedimento | $\gamma_s$ | 2200  | (kg/m <sup>3</sup> ) |
| peso specifico acqua     | $\gamma_w$ | 1000  | (kg/m <sup>3</sup> ) |

**VERIFICA PILA CIRCOLARE**

|                        |       |   |         |
|------------------------|-------|---|---------|
| coeff. di forma        | $f_2$ | 1 | (adim.) |
| coeff. direzionale     | $f_3$ | 1 | (adim.) |
| coeff. infuolenza pile | $f_4$ | 1 | (adim.) |
| diametro della pila    | $b$   | 3 | (m)     |

| Pila | battente | velocità media corrente | velocità critica |         | coeff. di velocità | scalzamento atteso |
|------|----------|-------------------------|------------------|---------|--------------------|--------------------|
|      | $y$      | $V$                     | $V_c$            | $V/V_c$ | $f_1$              | $d_s$              |
|      | (m)      | (m/s)                   | (m/s)            | (adim.) | (adim.)            | (m)                |
| 1    | 0.70     | 0.30                    | 0.13             | 2.30    | 1                  | 1.38               |
| 2    | 0.73     | 0.45                    | 0.13             | 3.45    | 1                  | 1.43               |
| 3    | 0.80     | 0.30                    | 0.13             | 2.30    | 1                  | 1.56               |
| 4    | 0.70     | 0.50                    | 0.13             | 3.83    | 1                  | 1.38               |
| 5    | 0.80     | 0.30                    | 0.13             | 2.30    | 1                  | 1.56               |
| 6    | 0.60     | 0.20                    | 0.13             | 1.53    | 1                  | 1.18               |
| 7    | 0.10     | 0.40                    | 0.13             | 3.07    | 1                  | 0.20               |

**VERIFICA CON PLINTO RETTANGOLARE**

|                    |       |     |         |
|--------------------|-------|-----|---------|
| coeff. di forma    | $f_2$ | 1.3 | (adim.) |
| coeff. direzionale | $f_3$ | 1.5 | (adim.) |
| coeff. infuolenza  | $f_4$ | 1   | (adim.) |
| dimensione plinto  | $b$   | 8   | (m)     |

| Pila | battente | velocità media corrente | velocità critica |         | coeff. di velocità | scalzamento atteso |
|------|----------|-------------------------|------------------|---------|--------------------|--------------------|
|      | $y$      | $V$                     | $V_c$            | $V/V_c$ | $f_1$              | $d_s$              |
|      | (m)      | (m/s)                   | (m/s)            | (adim.) | (adim.)            | (m)                |
| 1    | 0.70     | 0.30                    | 0.13             | 2.30    | 1                  | 2.72               |
| 2    | 0.73     | 0.45                    | 0.13             | 3.45    | 1                  | 2.84               |
| 3    | 0.80     | 0.30                    | 0.13             | 2.30    | 1                  | 3.11               |
| 4    | 0.70     | 0.50                    | 0.13             | 3.83    | 1                  | 2.72               |
| 5    | 0.80     | 0.30                    | 0.13             | 2.30    | 1                  | 3.11               |
| 6    | 0.60     | 0.20                    | 0.13             | 1.53    | 1                  | 2.34               |
| 7    | 0.10     | 0.40                    | 0.13             | 3.07    | 1                  | 0.39               |

Per il dimensionamento delle opere di fondazioni del viadotti verrà preso a riferimento un valore prudenziale dello scalzamento pari a 3.0 m.

Tuttavia, al fine di limitare gli scavi in falda per la realizzazione dei plinti di fondazione, come nel caso in esame del Viadotto Ozzoretto, si è optato per una protezione delle pile mediante placcaggio delle pile con una stesa di massi di pezzatura media 20-30 cm (massi provenienti da cava di prima categoria).

Nella formula adottata infatti, l'adozione di un diametro caratteristico maggiore comporta un incremento della velocità critica  $V_c$  ed il conseguente annullamento (per il caso specifico) del coefficiente di velocità  $f_1$ :

| <b>VERIFICA CON PROTEZIONE PILE</b> |            |                         |                      |         |                   |                    |
|-------------------------------------|------------|-------------------------|----------------------|---------|-------------------|--------------------|
| diametro caratteristico             | D50        | 0.3                     | (m)                  |         |                   |                    |
| peso specifico sedimento            | $\gamma_s$ | 2500                    | (kg/m <sup>3</sup> ) |         |                   |                    |
| peso specifico acqua                | $\gamma_w$ | 1000                    | (kg/m <sup>3</sup> ) |         |                   |                    |
| coeff. di forma                     | $f_2$      | 1                       | (adim.)              |         |                   |                    |
| coeff. direzionale                  | $f_3$      | 1                       | (adim.)              |         |                   |                    |
| coeff. infulenza pile               | $f_4$      | 1                       | (adim.)              |         |                   |                    |
| diametro della pila                 | $b$        | 3                       | (m)                  |         |                   |                    |
| Pila                                | battente   | velocità media corrente | velocità critica     |         | coeff.di velocità | scalzamento atteso |
|                                     | $y$        | $V$                     | $V_c$                | $V/V_c$ | $f_1$             | $d_s$              |
|                                     | (m)        | (m/s)                   | (m/s)                | (adim.) | (adim.)           | (m)                |
| 1                                   | 0.70       | 0.30                    | 2.53                 | 0.12    | 0                 | 0.00               |
| 2                                   | 0.73       | 0.45                    | 2.53                 | 0.18    | 0                 | 0.00               |
| 3                                   | 0.80       | 0.30                    | 2.53                 | 0.12    | 0                 | 0.00               |
| 4                                   | 0.70       | 0.50                    | 2.53                 | 0.20    | 0                 | 0.00               |
| 5                                   | 0.80       | 0.30                    | 2.53                 | 0.12    | 0                 | 0.00               |
| 6                                   | 0.60       | 0.20                    | 2.53                 | 0.08    | 0                 | 0.00               |
| 7                                   | 0.10       | 0.40                    | 2.53                 | 0.16    | 0                 | 0.00               |

## 7 VERIFICHE RELATIVE AL RIO ARPINO E RIO DEL FRIZZONE

Le analisi effettuate per il Rio Arpino e per il Rio del Frizzone, analogamente a quelle svolte per il Canale Ozzoretto, approfondiscono lo studio idrologico e idraulico effettuato nell'ambito della progettazione preliminare dell'intervento. In particolare tutti gli aggiornamenti derivano dal recepimento delle prescrizioni e raccomandazioni contenute nella delibera di approvazione del progetto preliminare del CIPE n°38/2016 (di cui è riportato un estratto nel par. 2.3).

Relativamente alle interferenze con il reticolo idrico secondario, rappresentato dal Rio Arpino e dal Rio Frizzone è stata effettuata un'attenta e approfondita analisi idraulica al fine di verificare la compatibilità idraulica dell'opera.

In particolare sono state analizzate le condizioni di rischio di allagamento a diverso tempo di ritorno ( $T_r = 30, 100, 200$ ) attraverso l'implementazione di un modello idraulico monodimensionale per il tracciamento dei profili di corrente in moto permanente, utilizzando il software di calcolo HEC-RAS dell'US Army Corp of Engineers allo scopo di:

- Valutare la capacità di smaltimento attuale del corso d'acqua, ed in particolare dei manufatti che lo attraversano nei tratti interferenti con i tracciati del progetto in esame
- Verificare le condizioni di deflusso del canale con sezione adeguata per una portata idrologica con  $T_r$  200 anni, nell'ipotesi di una futura sistemazione del corso d'acqua e delle opere di attraversamento
- Verificare che le nuove opere di attraversamento dimensionate in funzione di una portata idrologica per  $T_r$  200 anni non implicino un incremento di rischio idraulico nei tratti a monte o valle.

Le verifiche di compatibilità idraulica sono state effettuate anche mediante l'analisi con modellazione 2D, come descritto nel dettaglio nel seguito, per meglio analizzare le dinamiche di allagamento delle aree limitrofe ai due corsi d'acqua.

### 7.1 Analisi idraulica con modello monodimensionale del Rio Arpino

Il modello idraulico monodimensionale del Rio Arpino è stato implementato per valutare la capacità di smaltimento attuale del corso d'acqua, ed in particolare dei manufatti che lo attraversano inclusi quelli relativi al progetto in esame. Il modello è stato implementato utilizzando il software di calcolo HEC-RAS dell'US Army Corp of Engineers.

Complessivamente è stato modellato un tratto di lunghezza di circa 3.0 km, come mostrato nella figura seguente, che si estende a monte dell'attraversamento esistente lungo la SP Romana fino all'immissione nel Rio Rogio a valle.



uniforme nella sezione di valle. La portata relativa al sottobacino Arpino\_2 è stata immessa alla sezione di calcolo RS21.

Come valore di scabrezza è stato imposto un valore uniforme pari a  $Ks=20 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$  per tenere conto dell'abbondante presenza di vegetazione, negli scenari ante operam e intermedio, e di  $Ks = 25 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$  nello scenario post-operam.

Nella tabella seguente si riportano i valori al colmo di piena a diverso tempo di ritorno stimati nell'ambito dell'analisi idrologica.

| T [anni] | Arpino 1 | Arpino 2a | Arpino 2b |
|----------|----------|-----------|-----------|
|          | [mc/s]   | [mc/s]    | [mc/s]    |
| 30       | 3.4      | 3.7       | 4.5       |
| 100      | 5.4      | 5.8       | 6.9       |
| 200      | 6.8      | 7.2       | 8.7       |

### 7.1.1 Verifiche scenario 1 - ante operam

Dall'analisi delle verifiche dello stato attuale del corso d'acqua risulta che la capacità di smaltimento del corso d'acqua è fortemente limitata dalla presenza di attraversamenti le cui sezioni non sono compatibili con i valori delle portate idrologiche a diverso tempo di ritorno precedentemente stimate. In particolare risultano fortemente condizionanti l'attraversamento dell'autostrada A11 e quello di via dell'Arpino, come mostrato nel profilo longitudinale della figura seguente.

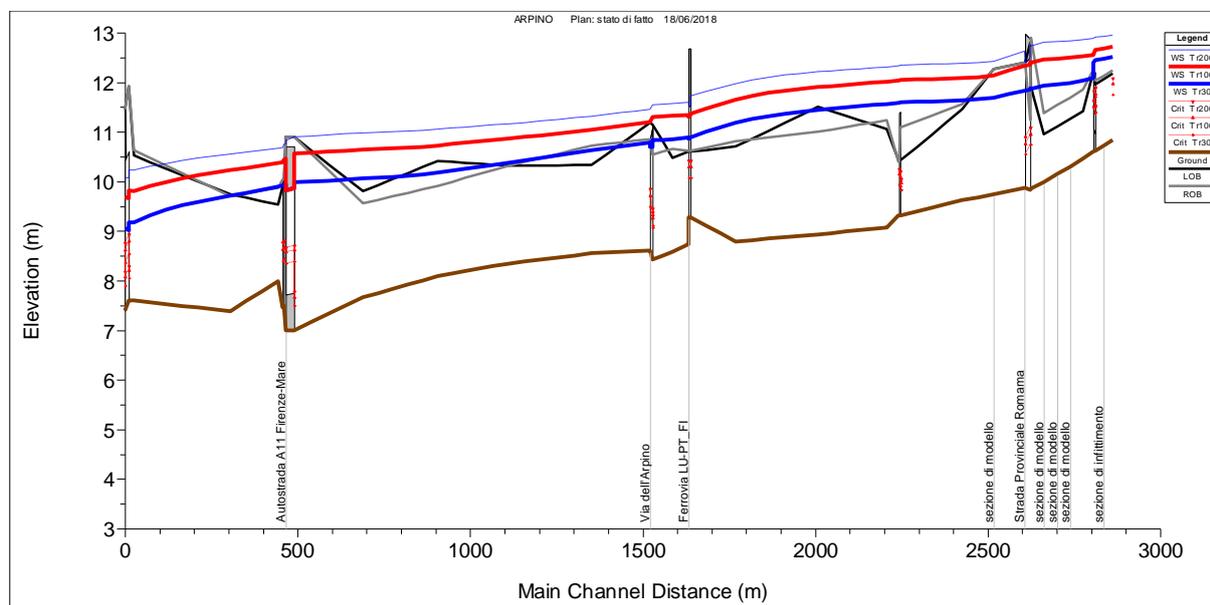
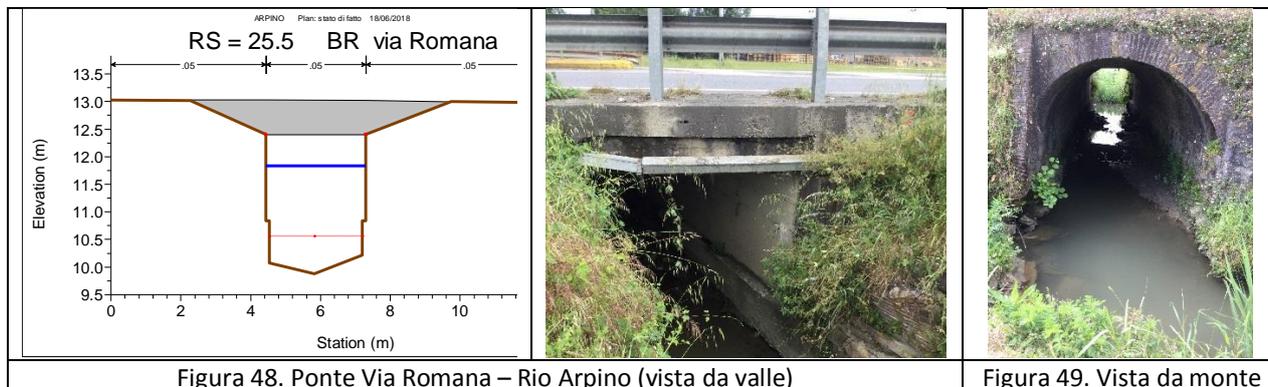


Figura 47. Profilo longitudinale del Rio Arpino – stato attuale. Q30 linea blu continua, Q100 linea rossa e Q200 linea tratteggiata.

L'attuale attraversamento della SP Romana, oggetto del futuro intervento di adeguamento (asse EO), risulta compatibile al solo transito della Q30 con franco di 60 cm e della Q100 senza franco, mentre non risulta compatibile con la Q200.



Allo stato attuale le sezioni del corso d'acqua sono in grado di far transitare, senza franco, una portata di circa 5 mc/s, corrispondente a circa 10 anni di tempo di ritorno se si considera il bacino nel suo insieme, dato dalla somma dei sottobacini 1 e 2. Per valori superiori di portata sono possibili allagamenti sia in sponda sinistra che in sponda destra.

### 7.1.2 Verifiche relative allo scenario di adeguamento del corso d'acqua

Tale scenario è stato analizzato per dimensionare correttamente il manufatto di attraversamento nei confronti di una portata idrologica con Tr 200 anni, nell'ottica di un futuro adeguamento del canale lungo i tratti che attualmente risultano insufficienti anche per portate idrologiche inferiori, come già indicato per lo scenario relativo allo stato di fatto.

L'opera così dimensionata sarà tale da non precludere la possibilità di interventi futuri lungo il corso d'acqua che attualmente risulta insufficiente al transito della portata duecentennale con adeguato franco.

A tal fine si è ipotizzato di adeguare il tratto del Rio Arpino a valle dell'attraversamento della SP Romana fino al ponticello di Via dell'Arpino, per consentire il transito della portata idrologica duecentennale con franco di 1.0m rispetto alle sponde. Inoltre si è ipotizzato di regolarizzare il fondo alveo mantenendo una livelletta costante lungo tutto il tratto adeguato.

Le analisi effettuate mostrano che per consentire il transito della portata di progetto, viste le pendenze assai ridotte del corso d'acqua, è necessario realizzare sezioni di forma trapezia con base minore 7.0 m e altezza 3 m circa fino all'immissione del sottobacino 2 (sezione RS21), e di 8 m di base e altezza 3 m fino al ponte di Via dell'Arpino.

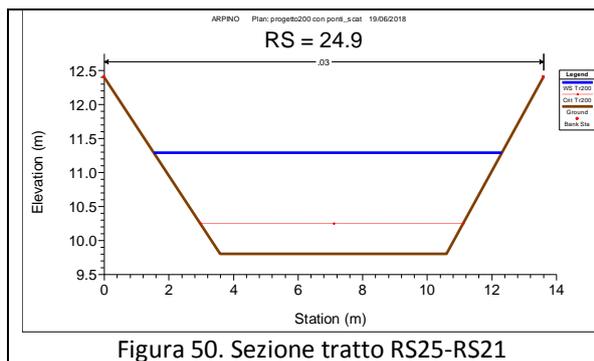


Figura 50. Sezione tratto RS25-RS21

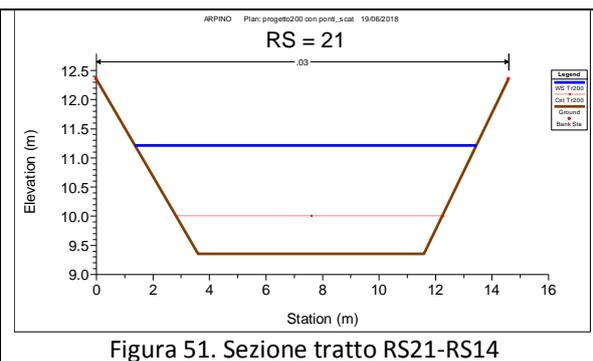


Figura 51. Sezione tratto RS21-RS14

Per quanto riguarda l'attraversamento idraulico sotto la SP Romana, si è optato per la realizzazione di una nuova opera scatolare di dimensioni interne nette 7.0m x 2.30 m, spostato di circa 15 m verso est rispetto all'attuale opera, per il cui speco è stato imposto un massimo grado di riempimento del 70% sulla portata con Tr 200 anni:

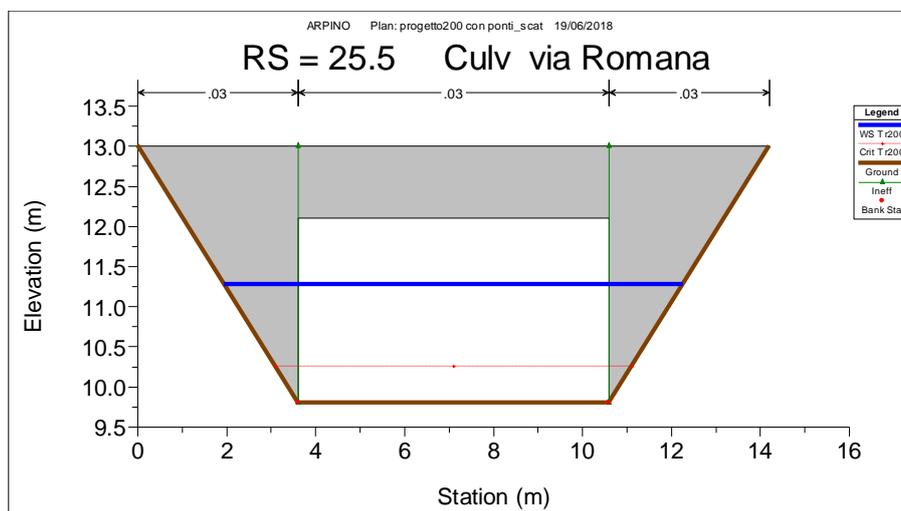


Figura 52. Sezione di progetto del manufatto di attraversamento del Rio Arpino

Nella tabella seguente si riportano in particolare le caratteristiche riassuntive del manufatto di progetto ed il franco idraulico, da considerarsi idoneo per portata idrologica con Tr 200 anni e adeguamento futuro della sezione del canale a valle della SP Romana:

| Ubicazione             | Tipologia opera | Dimensioni | Quota fondo monte | livello Tr 200 | Franco idraulico minimo | franco effettivo |
|------------------------|-----------------|------------|-------------------|----------------|-------------------------|------------------|
|                        | progetto        | Bxh        | (m slm)           | (m slm)        | (m)                     | (m)              |
| Via Romana pr. 2+975.8 | Scatolare       | 7.0 x 2.30 | 9.85              | 11.25          | 0.69                    | 0.90             |

Mentre nelle figure seguenti si riporta uno stralcio della tavola di progetto (elaborato T00ID02IDRPDI01A) inerente la sistemazione idraulica prevista nell'immediato:



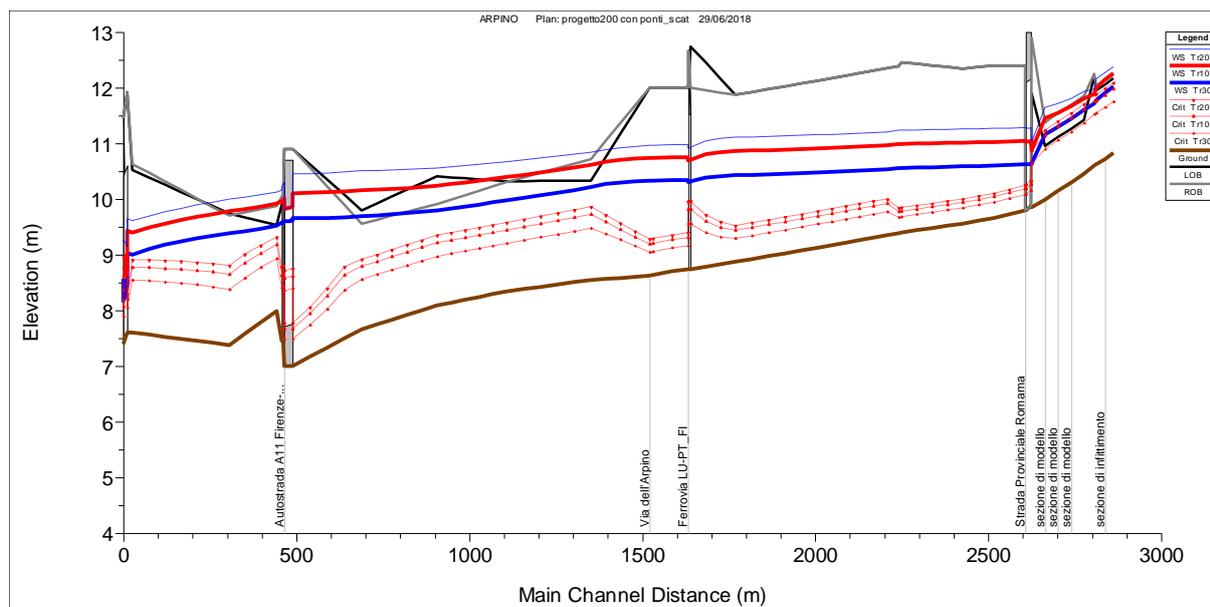


Figura 54. Profilo longitudinale del Rio Arpino nello scenario di adeguamento del corso d'acqua tra la SP Romana e la via dell'Arpino – Q200

### 7.1.3 Verifiche scenario 3 - post operam

Il presente scenario è stato analizzato al fine di verificare il non aggravio della situazione di rischio verso valle che si potrebbe manifestare a seguito del rifacimento del manufatto di attraversamento della SP Romana in attesa del completo adeguamento delle sezioni del corso d'acqua.

Vista l'insufficienza delle sezioni poste a valle dei manufatti oggetto di rifacimento nello scenario intermedio non si presentano condizioni di aggravio del rischio a valle, poiché il profilo della corrente è fortemente condizionato da valle, come indicato nelle figure seguenti.

Per un'analisi di dettaglio delle aree allagabili nello scenario intermedio, e dell'interazione di queste con l'opera in progetto, si rimanda all'analisi effettuata con l'utilizzo del modello 2D.

Nelle figure seguenti si riportano i profili del Rio Arpino calcolati per  $Tr=30$ , 100 e 200 anni confrontando la configurazione attuale e quella post operam.

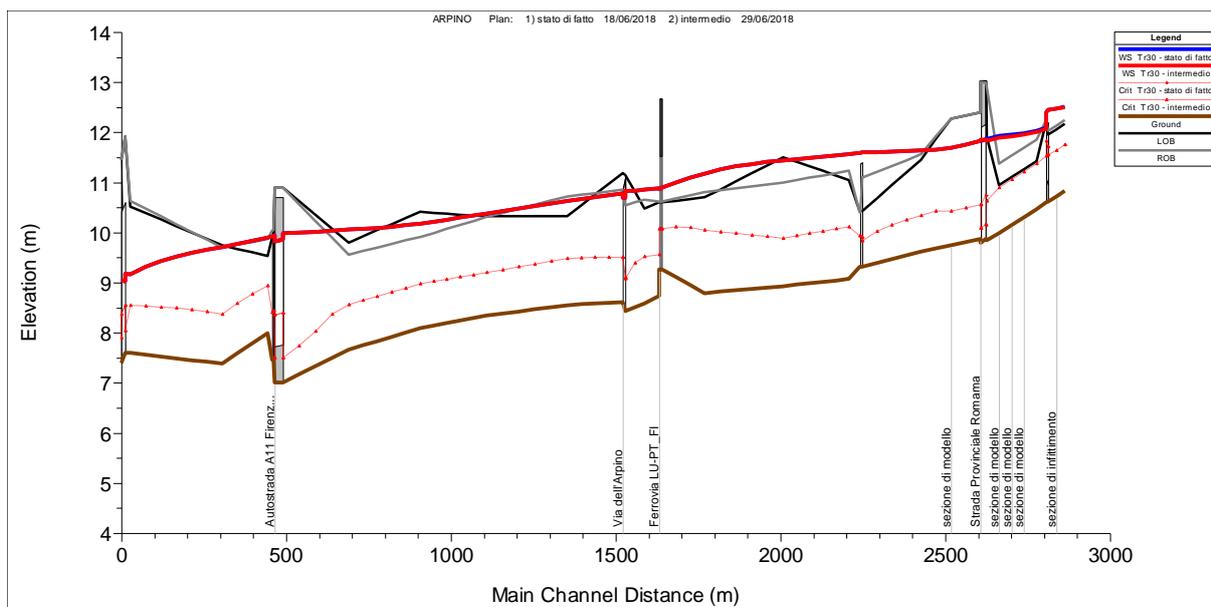


Figura 55. Profilo longitudinale del Rio Arpino – Q = Tr30 anni. Confronto tra configurazione attuale (linea blu) e configurazione post operam (linea rossa)

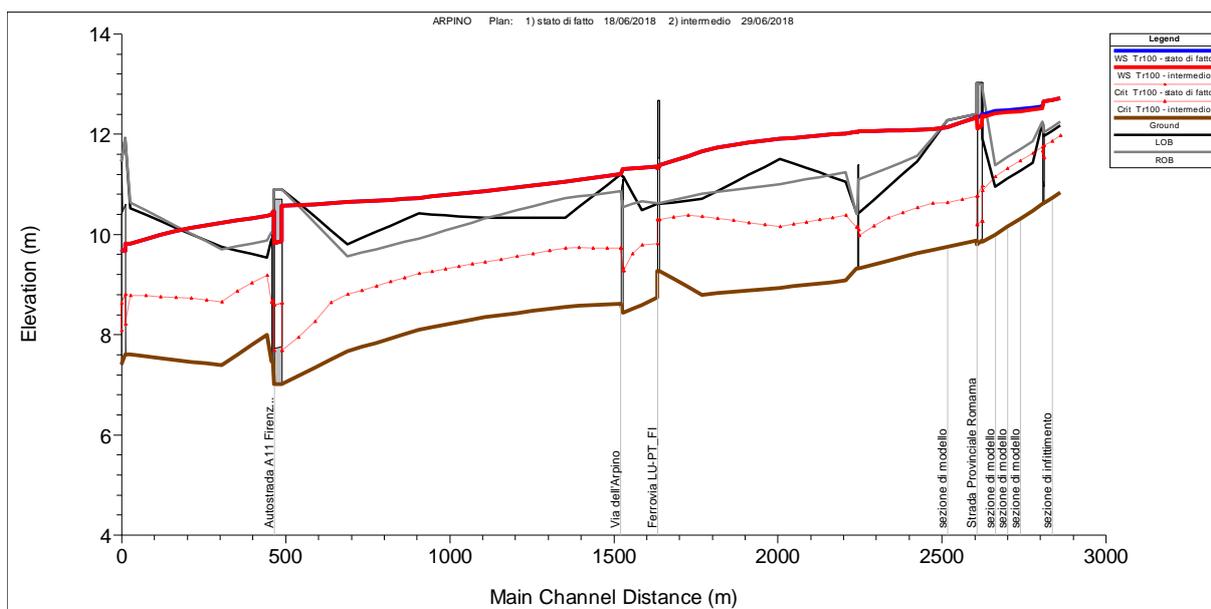


Figura 56. Profilo longitudinale del Rio Arpino – Q = Tr100 anni. Confronto tra configurazione attuale (linea blu) e configurazione post operam (linea rossa)

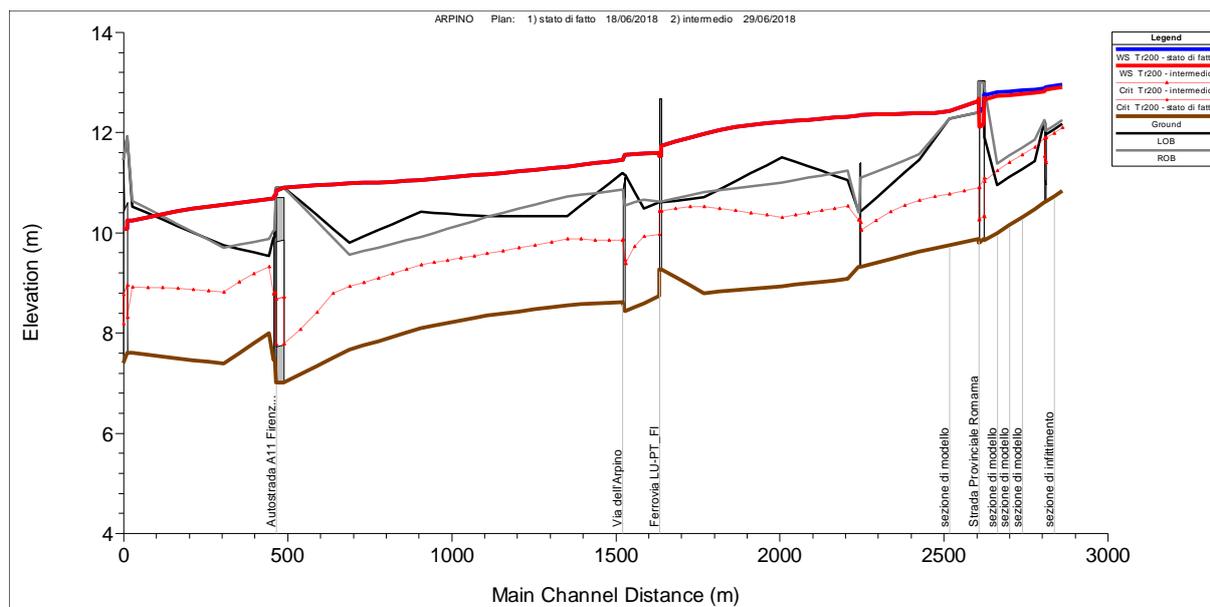


Figura 57. Profilo longitudinale del Rio Arpino – Q = Tr200 anni. Confronto tra configurazione attuale (linea blu) e configurazione post operam (linea rossa)

## 7.2 Analisi idraulica con modello monodimensionale del Rio del Frizzone

Il modello idraulico monodimensionale del Rio Frizzone è stato implementato per valutare la capacità di smaltimento attuale del corso d'acqua, ed in particolare dei manufatti che lo attraversano inclusi quelli relativi al progetto in esame. Il modello è stato implementato utilizzando il software di calcolo HEC-RAS dell'US Army Corp of Engineers.

Complessivamente è stato modellato un tratto di lunghezza di circa 3.0 km, come mostrato nella figura seguente, che si estende a monte dell'attraversamento esistente lungo la SP Romana fino all'immissione nel Rio Rogio a valle.

La geometria del corso d'acqua è stata descritta mediante sezioni trasversali ricostruite in parte attraverso rilievi topografici di dettaglio e in parte estraendole dal rilievo LIDAR e/o dalla cartografia 3D, ed integrando dove necessario con i dati forniti dal consorzio di Bonifica Toscana nord, che nel 2002/2003 aveva redatto uno studio del corso d'acqua.

Anche questa analisi ha riguardato tre diversi scenari:

- Scenario 1 ante-operam: relativamente all'analisi dello stato attuale del corso d'acqua
- Scenario 2 post-operam: relativamente all'analisi del corso d'acqua con l'inserimento dei manufatti di attraversamento in progetto e il mantenimento delle attuali sezioni dell'alveo.
- Scenario 3 di adeguamento del corso d'acqua: relativamente all'analisi del corso d'acqua comprensiva degli interventi di adeguamento delle sezioni e di riprofilatura del

fondo alveo necessari per garantire il transito della portata idrologica duecentennale con franco sulle sponde di 1m

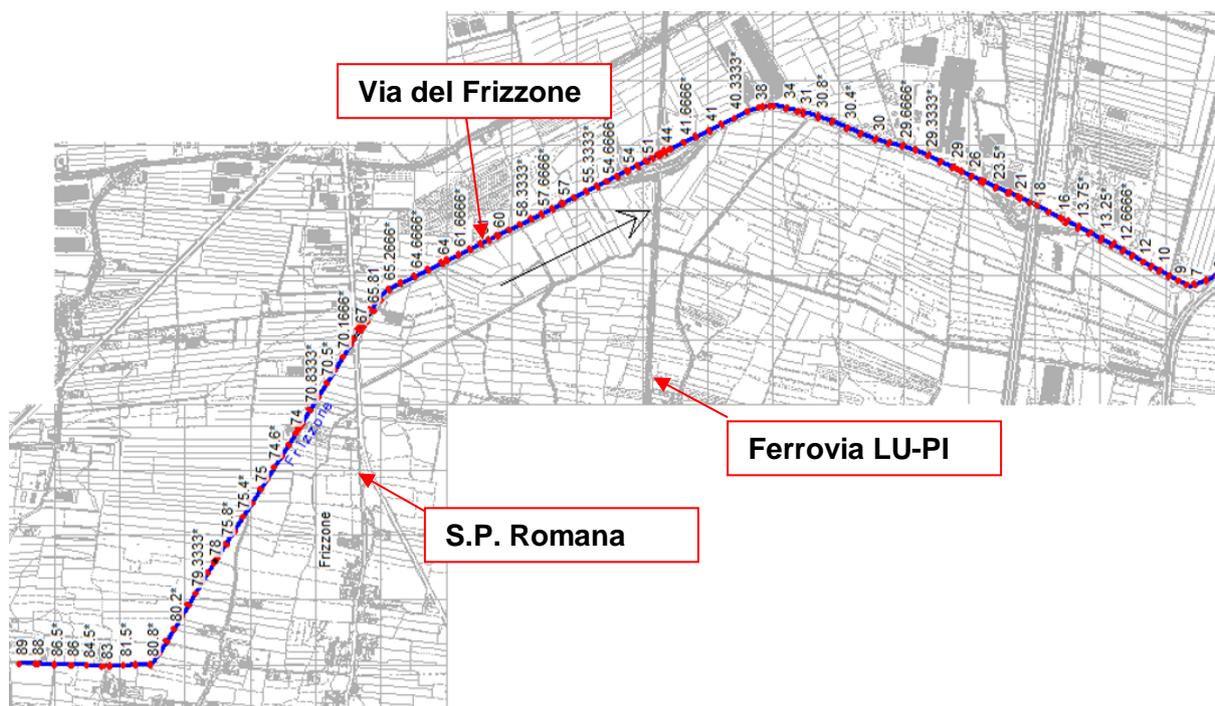


Figura 58. Schema planimetrico del modello idraulico monodimensionale del Rio Frizzone

Tutte le verifiche sono state effettuate in moto permanente, in regime di mixed flow. Come condizioni al contorno è stato imposto il valore di portata a diverso tempo di ritorno nella sezione di monte calcolata nell'ambito delle analisi idrologiche, e la pendenza di moto uniforme nella sezione di valle. Come valore di scabrezza è stato imposto un valore uniforme pari a  $K_s=20 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$  per tenere conto dell'abbondante presenza di vegetazione, negli scenari ante operam e intermedio, e di  $K_s = 25 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$  nello scenario post-operam. Nella tabella seguente si riportano i valori al colmo di piena a diverso tempo di ritorno stimati nell'ambito dell'analisi idrologica:

| T [anni] | Q [mc/s] |
|----------|----------|
| 30       | 8.4      |
| 100      | 13.1     |
| 200      | 16.4     |

### 7.2.1 Verifiche scenario 1 - ante operam

Dall'analisi delle verifiche dello stato attuale del corso d'acqua risulta che la capacità di smaltimento del corso d'acqua risulta compatibile, pur non presentando ovunque il franco di 1.0 m, con la portata di idrologica Q30. Per tempi di ritorno maggiori l'insufficienza di alcuni attraversamenti ubicati nel tratto a valle della ferrovia PI-LU determinano condizioni di rigurgito della corrente, tali da mandare in crisi anche i manufatti posti a monte, ed in particolare l'attraversamento ferroviario stesso e i due tombini posti al di sotto della SP Romana e della via del Frizzone, come mostrato nella figura seguente:

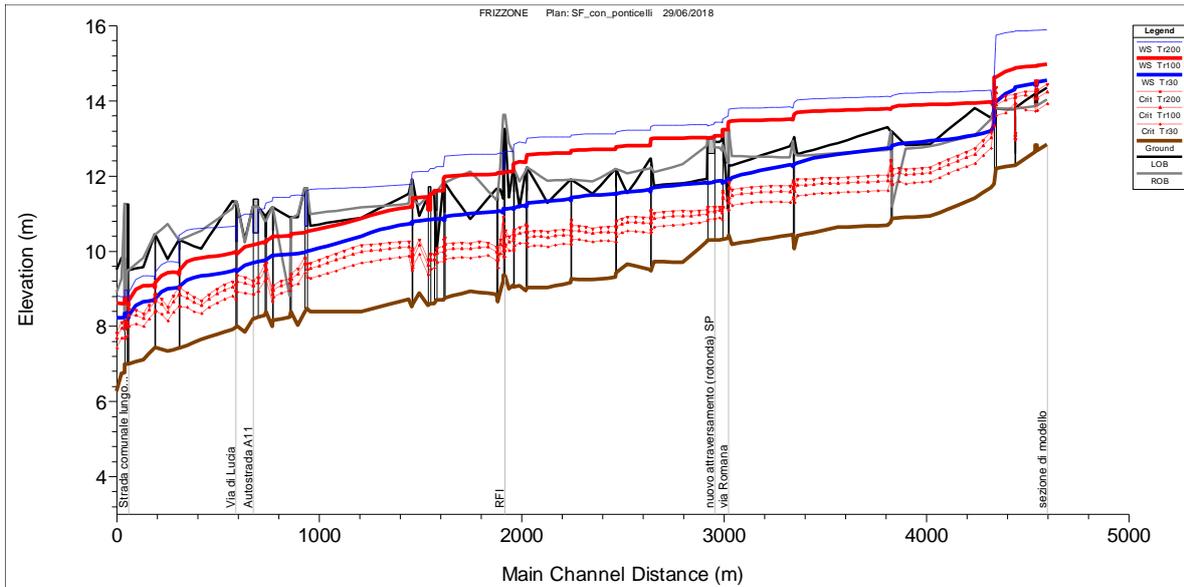


Figura 59. Profilo longitudinale del Rio Frizzone nella configurazione attuale: Q30 linea blu continua, Q100 linea rossa e Q200 linea tratteggiata.

L'attuale attraversamento della SP Romana, oggetto del futuro intervento di adeguamento (asse EO), e l'attraversamento della Via del Frizzone, di realizzazione più recente rispetto al precedente, risultano compatibili al transito della portata idrologica Q30 con franco rispettivamente di 40 e 70 cm.

A valle di questi due manufatti sono presenti diversi piccoli attraversamenti di accesso a proprietà private anch'essi compatibili con il transito della Q30, pur senza franco.

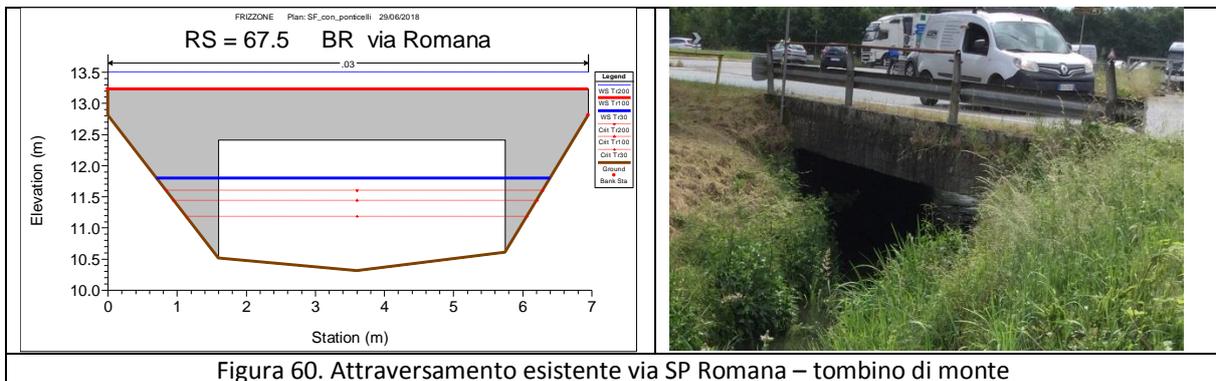


Figura 60. Attraversamento esistente via SP Romana – tombino di monte

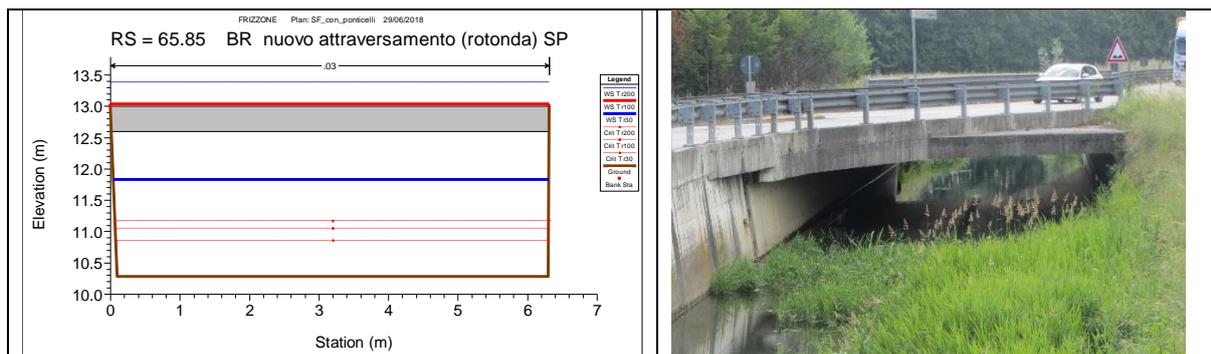


Figura 61. Attraversamento esistente rotatoria Via SP Romana-Via del Frizzone

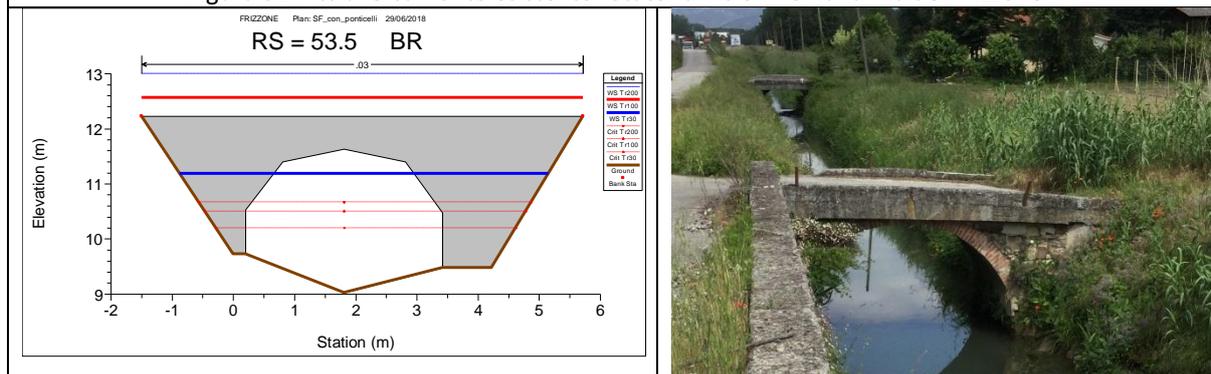


Figura 62. Attraversamento esistente privato

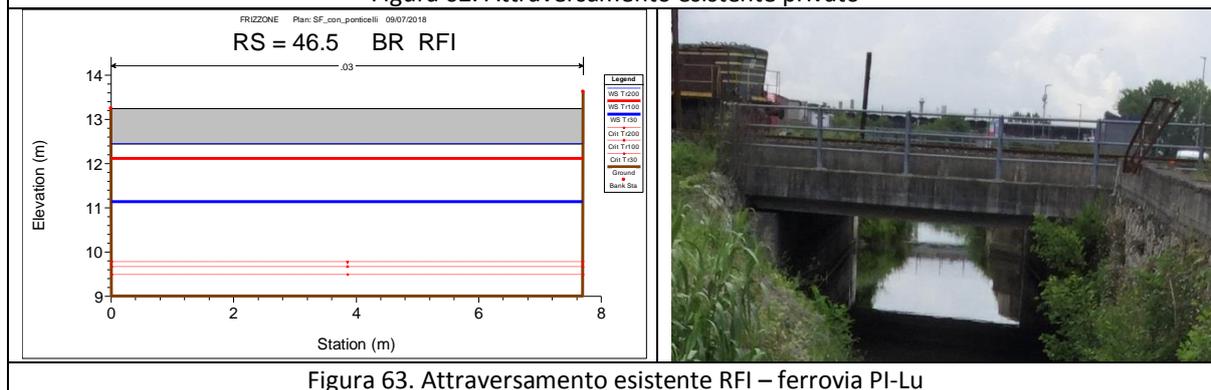


Figura 63. Attraversamento esistente RFI – ferrovia PI-Lu

### 7.2.2 Verifiche relative allo scenario 3 di adeguamento del corso d'acqua

Tale scenario è stato analizzato per dimensionare correttamente il manufatto di attraversamento nei confronti di una portata idrologica con Tr 200 anni, nell'ottica di un futuro adeguamento del canale lungo i tratti che attualmente risultano insufficienti anche per portate idrologiche inferiori, come già indicato per lo scenario relativo allo stato di fatto.

L'opera così dimensionata sarà tale da non precludere la possibilità di interventi futuri lungo il corso d'acqua che attualmente risulta insufficiente al transito della portata duecentennale con adeguato franco.

A tal fine si è ipotizzato di adeguare il tratto del Rio Frizzone a valle della rotatoria della S.P. Romana (lato nord) fino alla rotatoria di progetto di innesto alla via del Frizzone (a sud), per uno sviluppo di circa 1700 m, per consentire il transito della portata idrologica duecentennale

con franco di 1.0 m rispetto alle sponde. Inoltre si è ipotizzato di regolarizzare il fondo alveo mantenendo una livelletta costante lungo tutto il tratto adeguato. In tale configurazione non sono stati inseriti gli attraversamenti privati, che necessariamente dovranno essere adeguati alle nuove sezioni di progetto o eliminati del tutto optando per strade poderali alternative.

Le analisi effettuate mostrano che per consentire il transito della portata di progetto, viste le pendenze assai ridotte del corso d'acqua, è necessario realizzare sezioni di forma trapezia con base minore di 10 m e altezza 2.70 m circa nel tratto fino al manufatto RFI e di dimensioni 7.0 (base minore) e altezza 3.0 m nel tratto successivo.

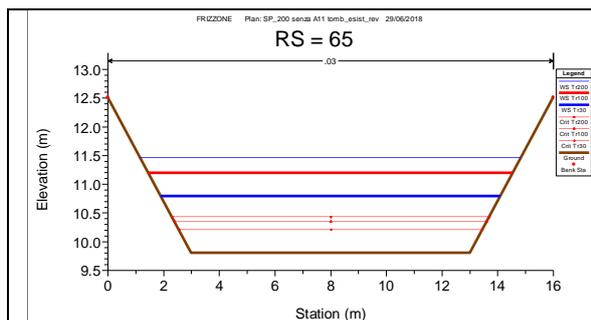


Figura 64. Sezione tipo di progetto nel tratto oggetto di adeguamento tratto RS65.8 – RS49

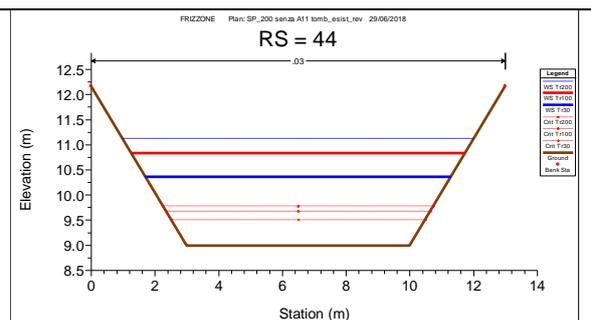


Figura 65. Sezione tipo di progetto nel tratto oggetto di adeguamento tratto RS49 – RS30

Per quanto riguarda l'attraversamento idraulico sotto la SP Romana, si è optato per la realizzazione di una nuova opera scatolare di dimensioni interne nette 7.0m x 2.25 m, in asse all'attuale opera che sarà demolita, per il cui speco è stato imposto un massimo grado di riempimento del 70% sulla portata con Tr 200 anni, come mostrato nella seguente figura:

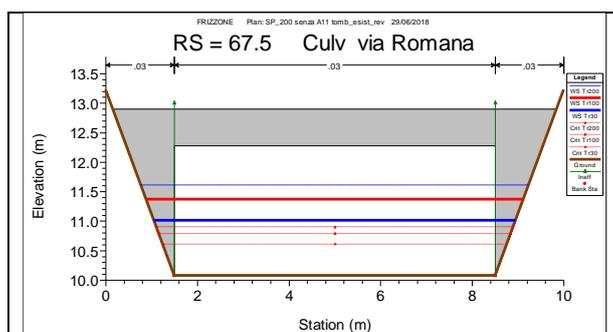
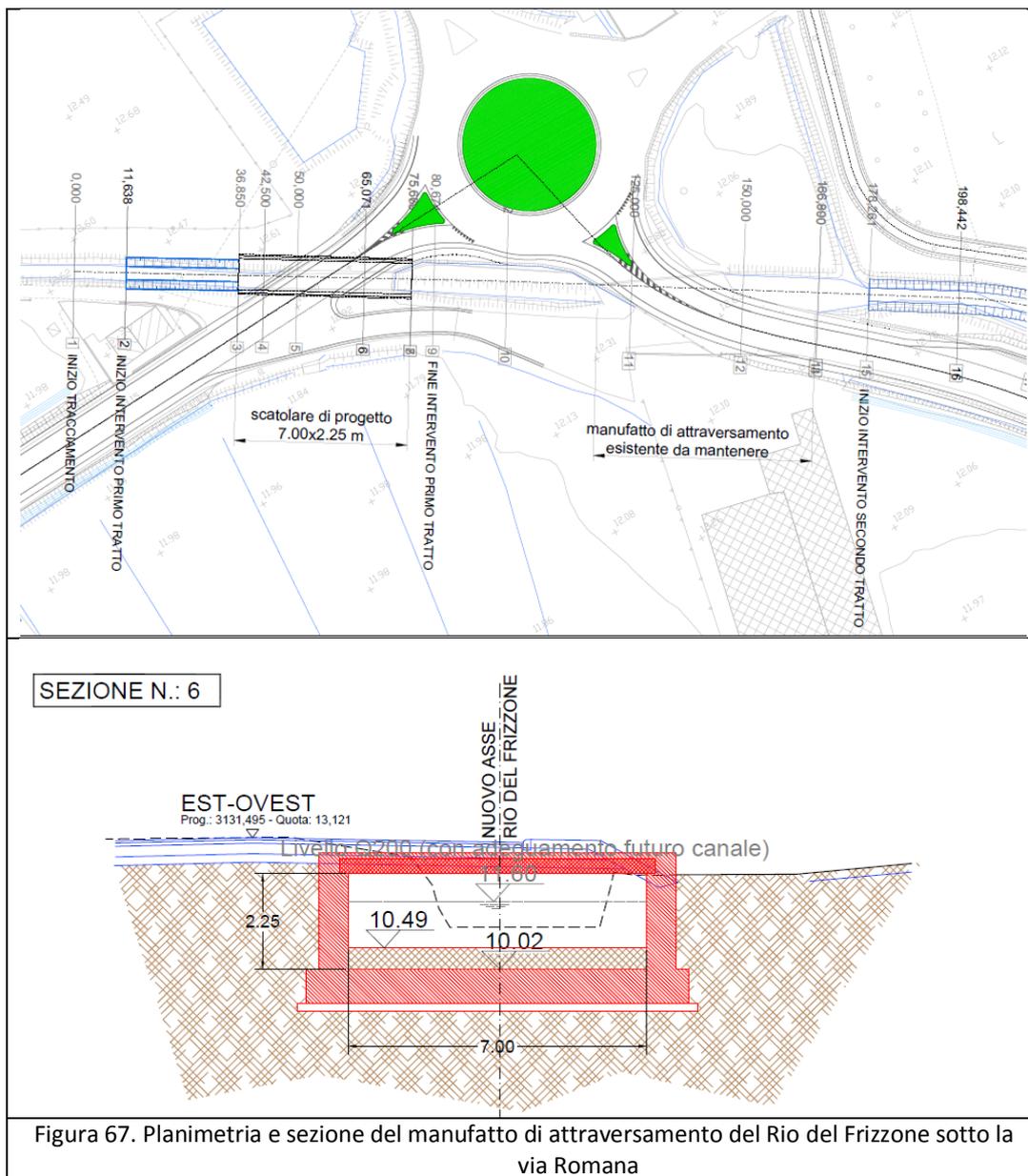


Figura 66. Sezione di progetto attraversamento via Romana

Nella tabella seguente si riportano in particolare le caratteristiche riassuntive del manufatto di progetto ed il franco idraulico, da considerarsi idoneo per portata idrologica con Tr 200 anni e adeguamento futuro della sezione del canale a valle della SP Romana:

| Ubicazione                         | Tipologia opera | Dimensioni | Quota fondo monte | livello Tr 200 | Franco idraulico minimo | franco effettivo |
|------------------------------------|-----------------|------------|-------------------|----------------|-------------------------|------------------|
|                                    | progetto        | Bxh        | (m slm)           | (m slm)        | (m)                     | (m)              |
| Via Romana<br>pr. 3+121.30 asse EO | Scatolare       | 7.0 x 2.25 | 10.10             | 11.67          | 0.66                    | 0.68             |

Mentre nelle figure seguenti si riporta uno stralcio della tavola di progetto (elaborato T00ID03IDRDI01A) inerente la sistemazione idraulica prevista nell'immediato:



Nella figura seguente si riporta il profilo longitudinale relativo alla configurazione di progetto analizzata: linea blu continua Q30, linea rossa Q100 e linea blu tratteggiata Q200.

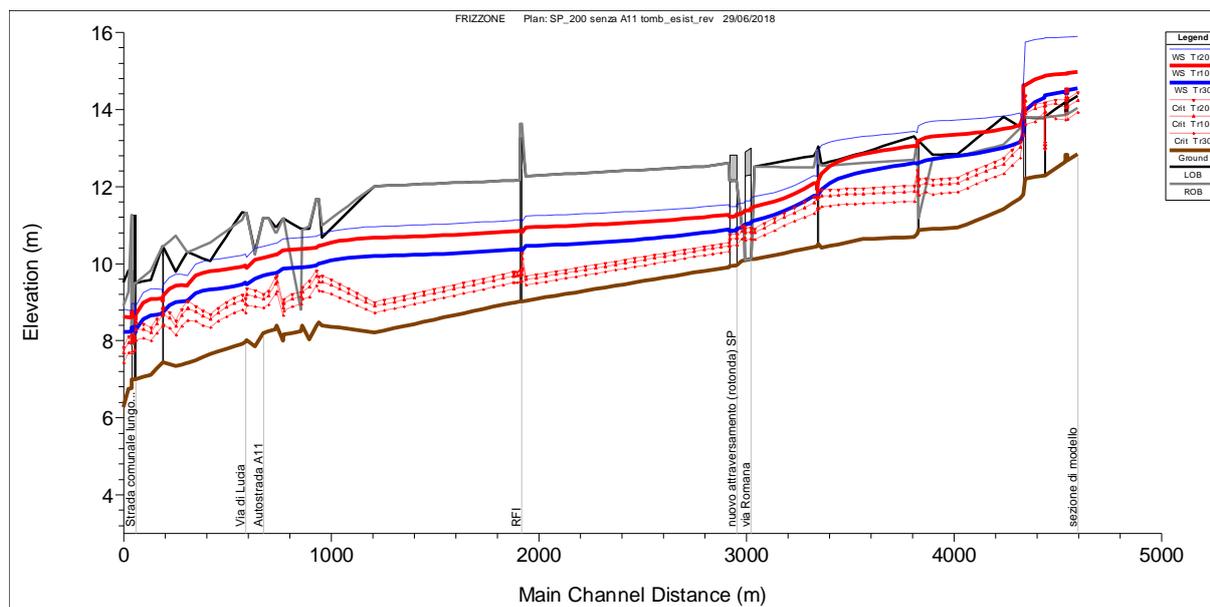


Figura 68. Profilo longitudinale del Rio Frizzone nello scenario di adeguamento del corso d'acqua – Q200

### 7.2.3 Verifiche scenario 2 - post operam

Il presente scenario è stato analizzato al fine di verificare il non aggravio della situazione di rischio che si potrebbe manifestare a valle a seguito del rifacimento dei manufatti di attraversamento della SP Romana e della via del Frizzone, in attesa del completo adeguamento delle sezioni del rio Frizzone.

Inoltre in tale configurazione è prevista la deviazione di un tratto di corso d'acqua tra le progressive 3+300 e 4+000. Tale deviazione si rende necessaria a seguito della variazione piano-altimetrica del tracciato Est-Ovest conseguente il rifacimento del cavalcaferrovia e dei rilevati di appoggio.

In tale tratto le sezioni del corso d'acqua manterranno le stesse dimensioni attuali: sezione trapezia di base 3.0 m e sponde inclinate 2/3 di altezza 2.0 m circa:

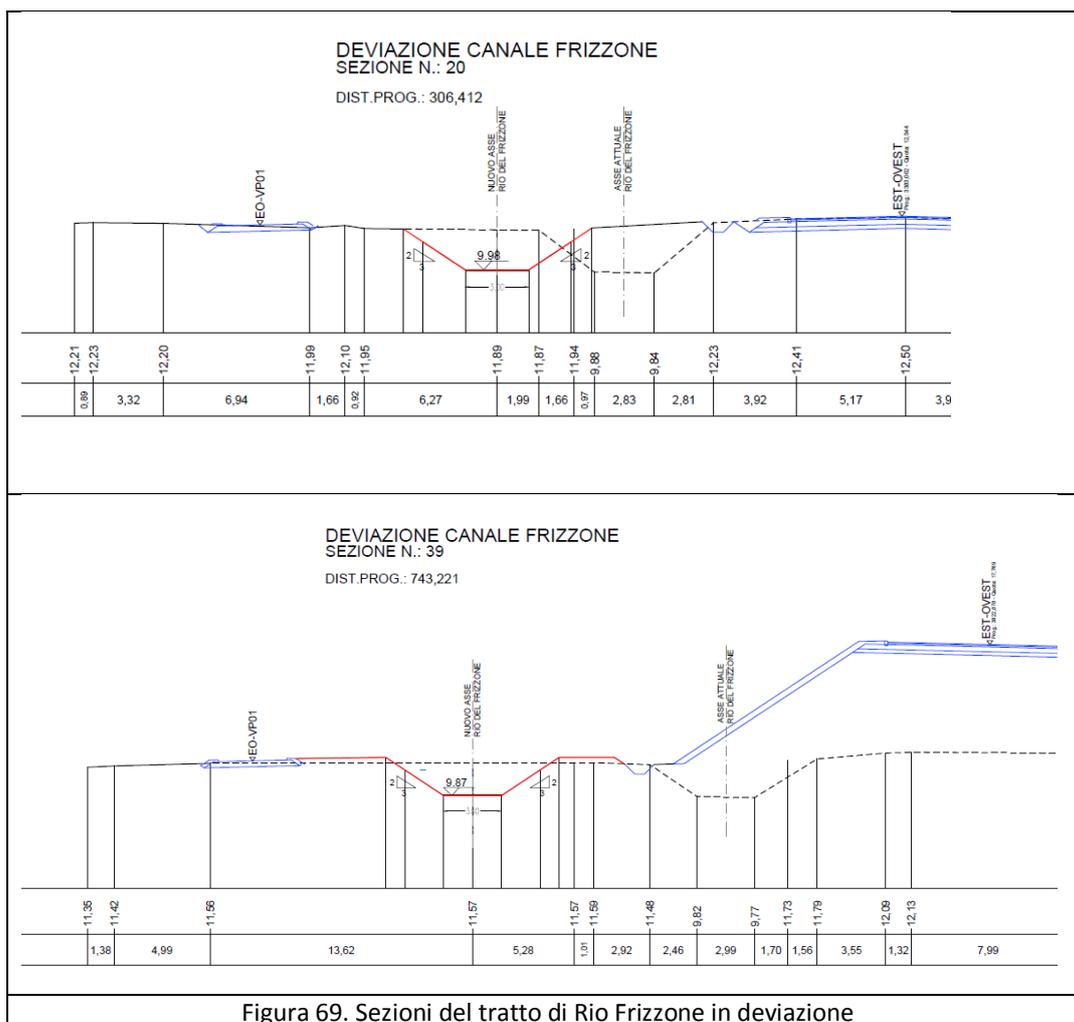


Figura 69. Sezioni del tratto di Rio Frizzone in deviazione

La deviazione del canale comporterà altresì l'eliminazione di n.3 attraversamenti idraulici che attualmente collegano le zone poderali alla Strada Provinciale. Non sarà necessario ripristinare tali tombini in quanto le aree poderali e proprietà private circostanti saranno ricollegate alla viabilità principale mediante realizzazione di una strada di servizio da realizzare parallelamente al canale stesso (EO\_VP-01).

Vista l'insufficienza delle sezioni poste a valle dei manufatti oggetto di rifacimento nello scenario intermedio non si presentano condizioni di aggravio del rischio a valle, poiché il profilo della corrente è fortemente condizionato da valle, come indicato nelle figure seguenti. Addirittura nelle simulazioni per Tr 100 e 200 anni (figg. 70 e 71) migliorano le condizioni di deflusso a monte del ponte FS (per un tratto di circa 2.5 km).

Per un'analisi di dettaglio delle aree allagabili nello "scenario intermedio", e dell'interazione di queste con l'opera in progetto, si rimanda all'analisi effettuata con l'utilizzo del modello 2D.

Nelle figure seguenti si riportano i profili del rio Frizzone calcolati per Tr=30, 100 e 200 anni confrontando la configurazione attuale e quella post operam.

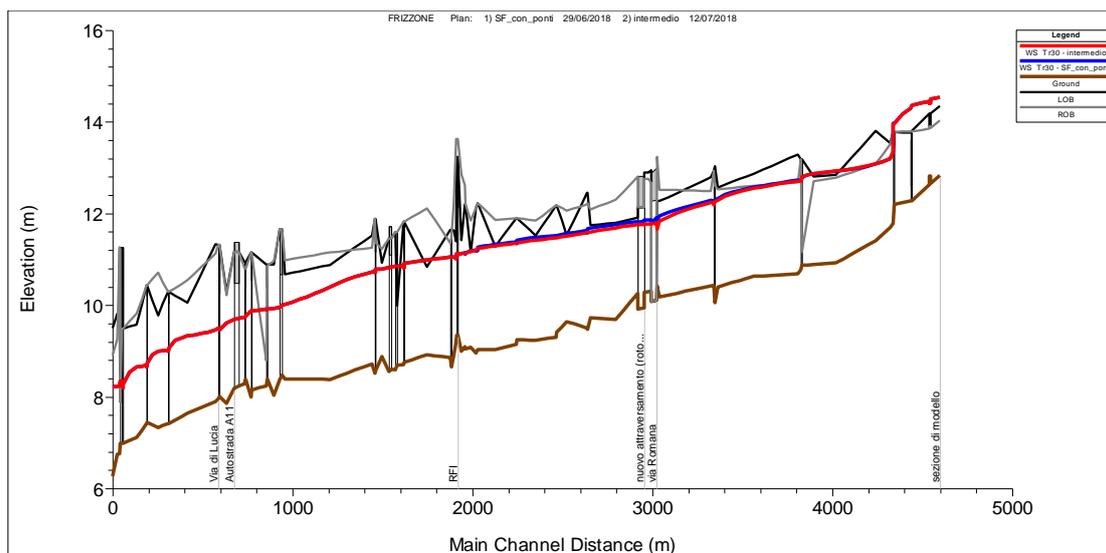


Figura 70. Profilo longitudinale del Rio Frizzone – Q = Tr30 anni. Confronto tra configurazione attuale (linea blu) e configurazione post operam (linea rossa)

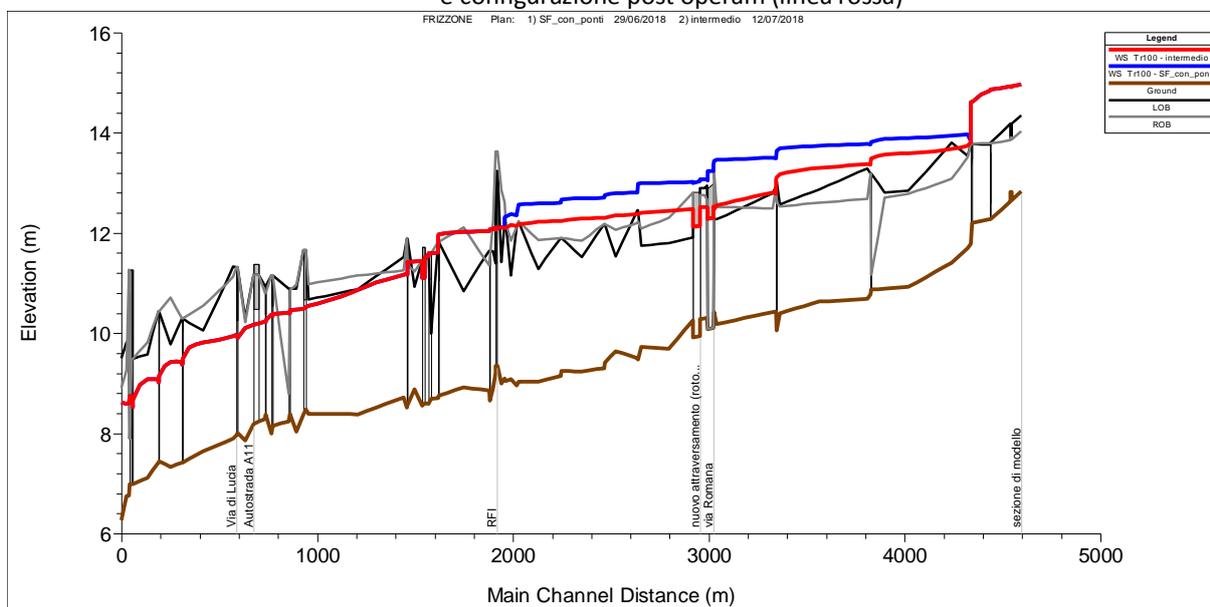


Figura 71. Profilo longitudinale del Rio Frizzone – Q = Tr100 anni. Confronto tra configurazione attuale (linea blu) e configurazione post operam (linea rossa)

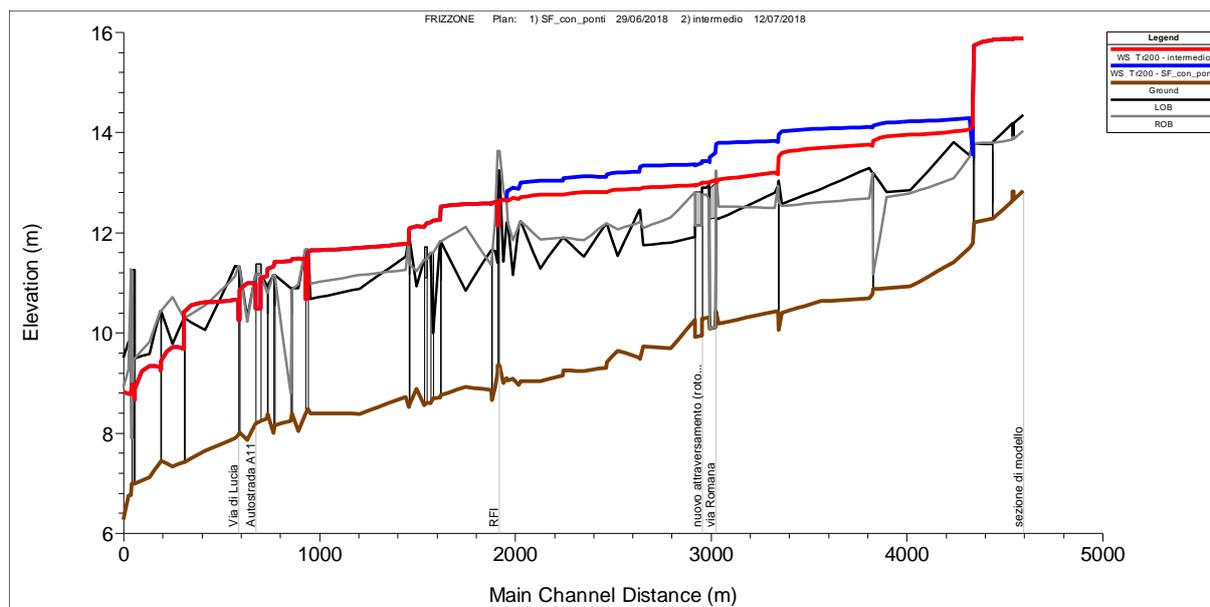


Figura 72. Profilo longitudinale del Rio Frizzone – Q = Tr200 anni. Confronto tra configurazione attuale (linea blu) e configurazione post operam (linea rossa)

### 7.3 Analisi idraulica con modello bidimensionale del Rio Arpino e del Rio del Frizzone

Il modello idraulico bidimensionale del Rio Arpino e del Rio Frizzone è stato implementato utilizzando il software di calcolo Infoworks ICM 9.0. In particolare l'analisi idraulica è stata condotta con un modello numerico ibrido monodimensionale, per gli alvei dei due corsi d'acqua, accoppiato a quello bidimensionale per la piana alluvionale in condizioni di moto vario, tale da riprodurre variabili nel tempo e nello spazio sia la portata propagata che le relative grandezze quali tiranti e velocità della corrente.

Si è optato per l'analisi simultanea dei due bacini poiché essendo limitrofi è verosimile che possano verificarsi condizioni di piena contemporanea, ed inoltre sono comunque possibili interazioni tra i due bacini, visto che le aste fluviali sono separate le une dalle altre da poche decine di metri.

La figura seguente rappresenta uno schema planimetrico in cui si individua l'estensione del dominio di calcolo del modello idraulico pari a circa 14 km<sup>2</sup>. Il modello include l'area urbanizzata e una lunghezza d'asta totale di circa 3.8 km per il rio Frizzone e di circa 4.0 km complessivi per le due aste del rio Arpino, estendendosi oltre gli attraversamenti al di sotto dell'autostrada A11 dei due corsi d'acqua.

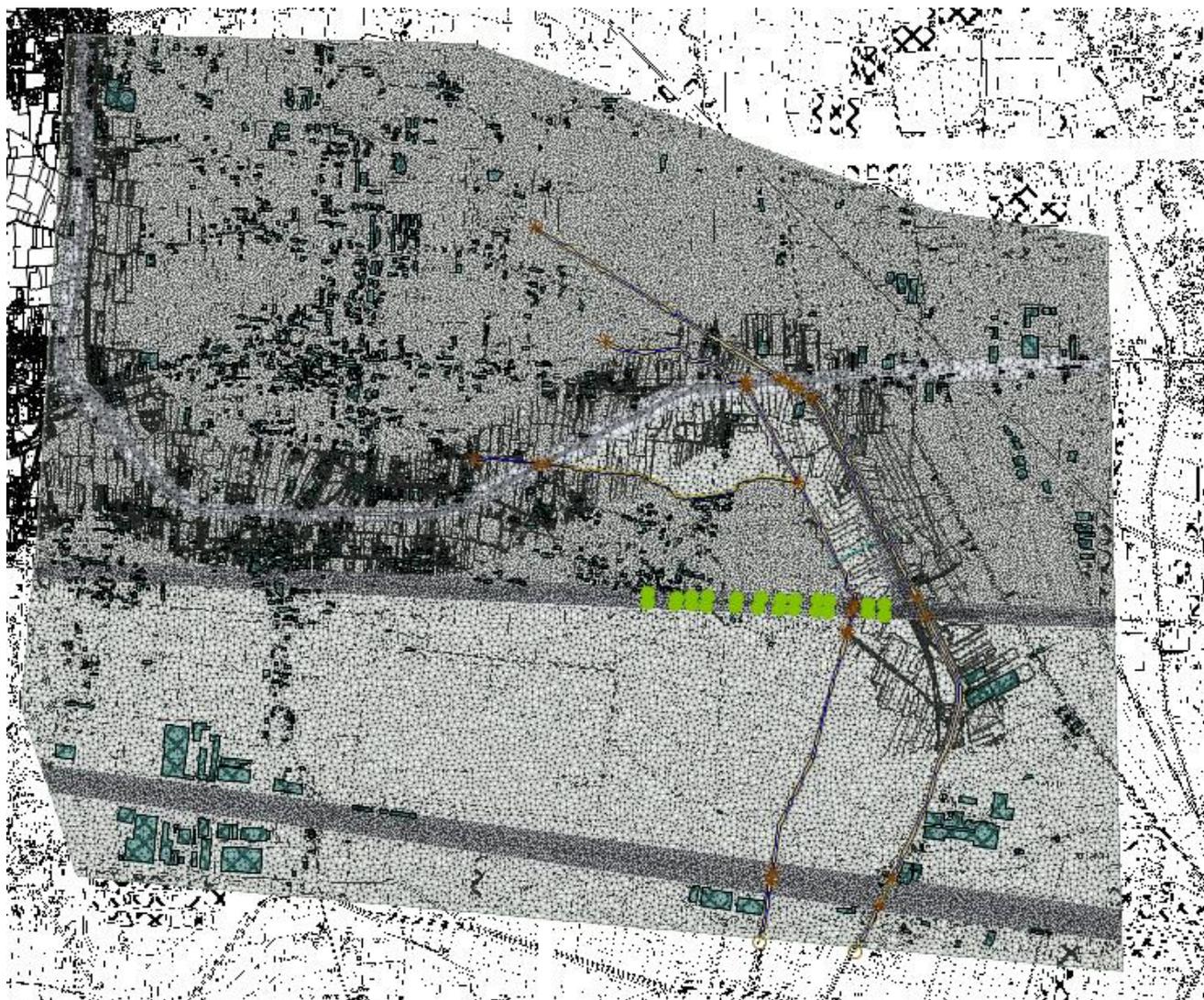


Figura 73. Schema planimetrico del modello idraulico: in giallo il dominio di calcolo del modello monodimensionale, in verde scuro l'area del dominio di calcolo del modello bidimensionale

### 7.3.1 La geometria del modello

La modellazione idraulica è stata eseguita accoppiando un modello monodimensionale per l'asta del Rio Frizzone e del Rio Arpino, poiché la componente del moto è predominante sugli effetti di propagazione longitudinali, a un modello bidimensionale per la propagazione nelle aree circostanti delle acque fuoriuscite dall'alveo.

La geometria del modello monodimensionale (1D) è stata realizzata utilizzando le stesse sezioni implementate nel modello HEC-RAS ed integrandole verso valle con sezioni estratte dal rilievo LIDAR.

Nel modello sono stati inseriti tutti i ponti presenti lungo il tracciato del corso d'acqua in analogia con quanto effettuato per l'analisi monodimensionale.

L'area di pianura e le aree urbanizzate attraversate dai due corsi d'acqua sono state riprodotte nel modello tramite il modello topografico del terreno (DTM) a celle 1x1m LiDAR risalente all'anno 2008 (fonte Regione Toscana).

L'analisi bidimensionale ha riguardato i sottobacini Frizzone, Arpino\_1 e Arpino\_2, così come definiti nell'analisi idrologica.

Sono state poi inserite alcune zone a magliaatura più raffinata, caratterizzate da celle di calcolo aventi superficie minima di 40 mq e massima di 160 mq al fine di rappresentare con più dettaglio i rilevati delle strade esistenti che attraversano il dominio di calcolo, così come quello della linea ferroviaria Pistoia-Lucca-Pisa e dell'Autostrada Firenze-mare.

La scabrezza del dominio monodimensionale è stata caratterizzata con valori pari a quelli utilizzati nell'analisi effettuata con il modello 1D HEC-RAS.

Alle aree interessate dalla presenza di edifici e strade è stata assegnata una scabrezza pari a  $40 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ .

Le verifiche sono state effettuate in moto vario, utilizzando gli idrogrammi di piena a diverso tempo di ritorno definiti nell'ambito dell'analisi idrologica del bacino in esame.

Nella figura seguente si riportano gli idrogrammi idrologici di progetto per  $Tr=200$  anni.

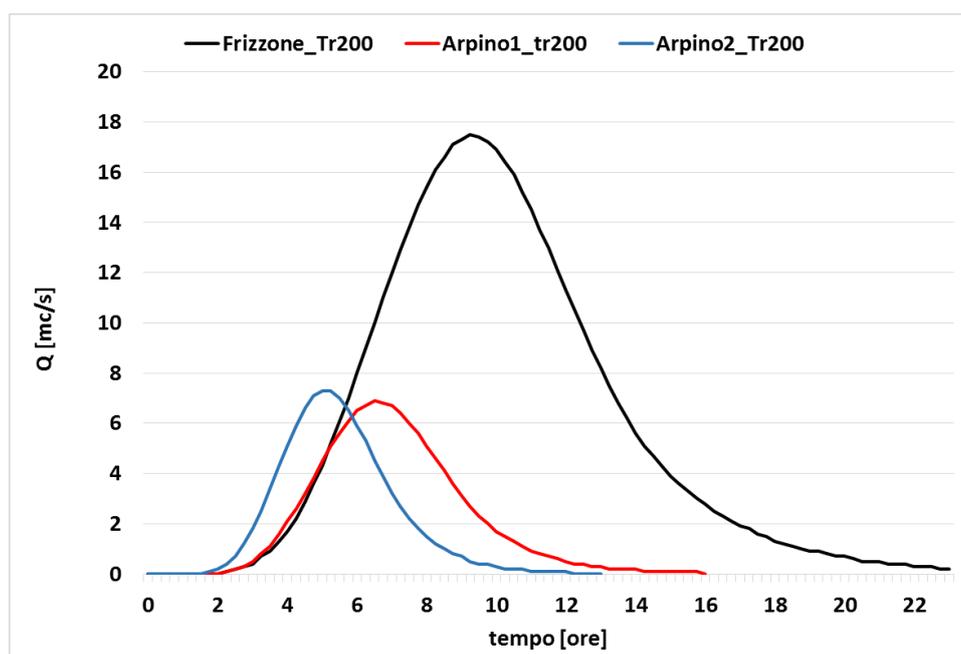


Figura 74. Idrogrammi di progetto utilizzati per le verifiche 2D, per  $Tr=200$  anni

### 7.3.2 Verifiche scenario 1 ante operam

La figura seguente riporta l'insieme delle aree allagabili per  $Tr=200$  anni relativamente allo stato attuale: complessivamente risultano allagabili circa 170 ha.

Dalla simulazione risulta che il rilevato della SP Romana risulta sormontato in corrispondenza dell'intersezione con la via di Paganico, e questo determina l'allagamento delle campagne limitrofe all'alveo del Rio Arpino.

Il rilevato della ferrovia Pisa-Lucca si comporta da sbarramento nei confronti del naturale ruscellamento verso sud delle acque esondate, determinando tiranti compresi tra 50 e 70 cm a monte dello stesso.

Come già emerso dall'analisi monodimensionale i tombini di attraversamento dell'A11 e della ferrovia Pi-Lu, determinando condizioni di rigurgito della corrente, insieme agli altri attraversamenti insufficienti, sono la causa principale degli allagamenti.

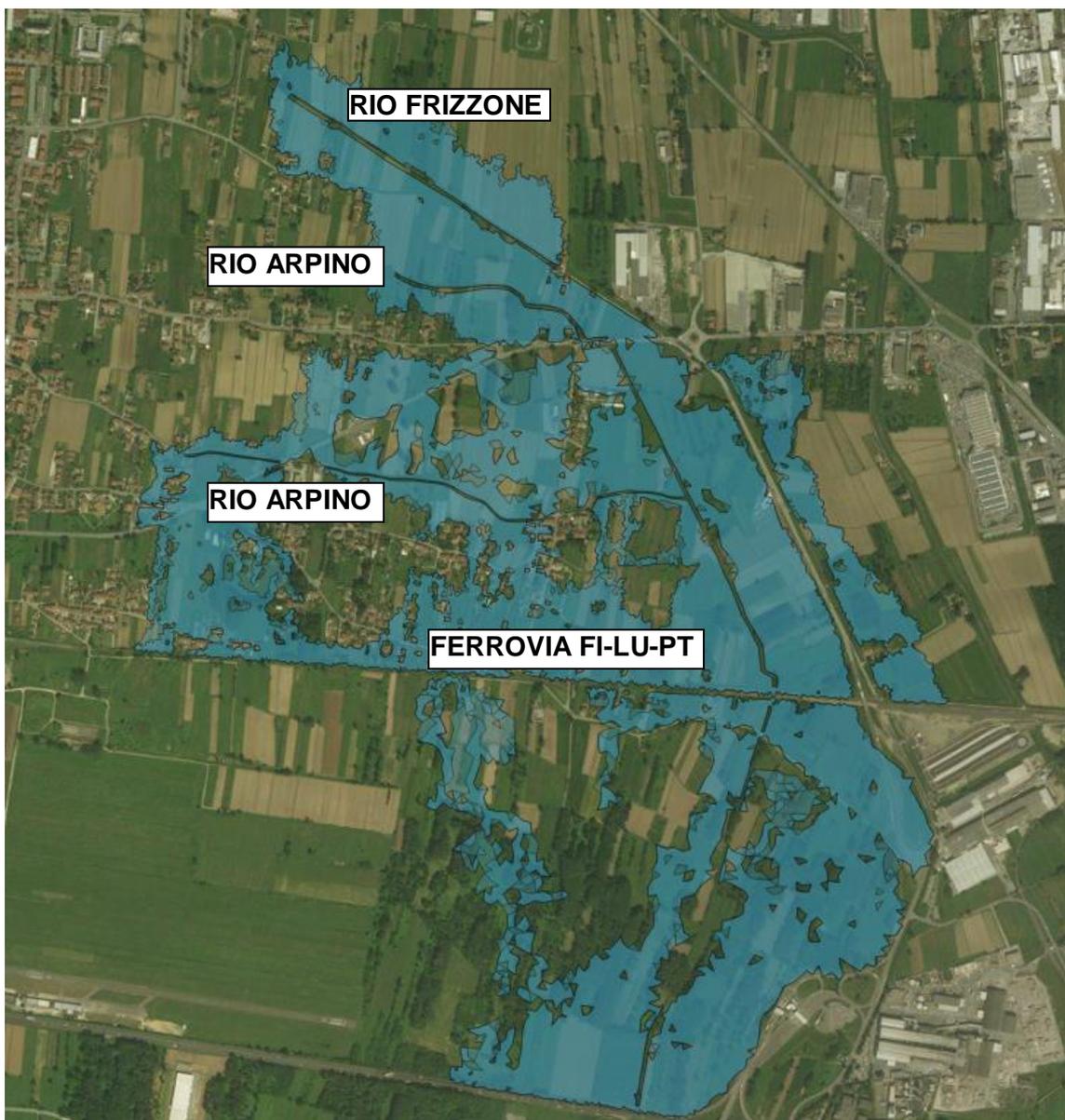


Figura 75. Aree soggette ad allagamento nei bacini del Frizzone e Arpino per  $T_r=200$  anni nello stato attuale

Dall'analisi della carta dei tiranti idrici per  $T_r=200$  anni si osserva che allo stato attuale gli allagamenti sono mediamente caratterizzati da tiranti compresi tra 10 e 15 cm, sulla quasi totalità delle aree.

Localmente sono tuttavia presenti aree caratterizzate da tiranti maggiori, laddove la corrente è confinata dai rilevati stradali e ferroviario:

- Zona a monte dell'attraversamento del Rio Arpino sulla SP Romana:  $h_{max} = 70$  cm
- Zona a monte del tombino ferroviario del Rio Arpino:  $h_{max} = 70$  cm
- Zone a monte del rilevato ferroviario:  $h_{max} = 50$  cm
- Zone a monte del rilevato autostradale:  $h_{max} = 60$  cm

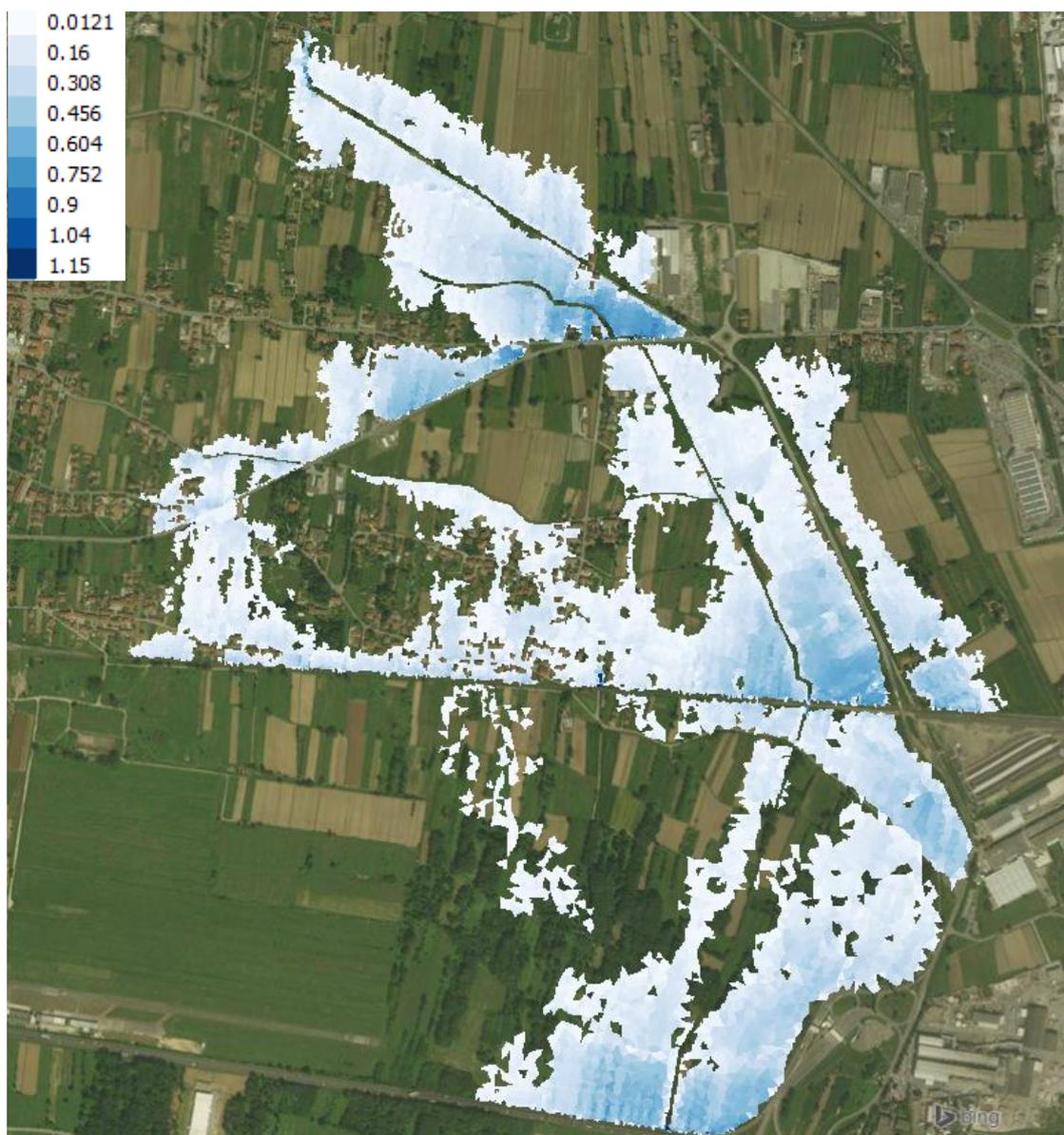


Figura 76. Tiranti idrici (m) relativi ai bacini del Frizzone dell'Arpino nella configurazione attuale per  $T_r=200$  anni

Nella figura seguente si riporta la carta delle velocità relative al bacino del Frizzone e Arpino nello stato attuale per  $Tr=200$  anni. Come si può osservare le velocità maggiori, dell'ordine di 0.6-0.8 m/s sono presenti nel tratto di monte del Rio Frizzone, laddove il terreno ha una pendenza maggiore. Leggermente inferiori risultano essere le velocità della corrente di esondazione dal Rio Arpino, dell'ordine di 0.4-0.5 m/s.

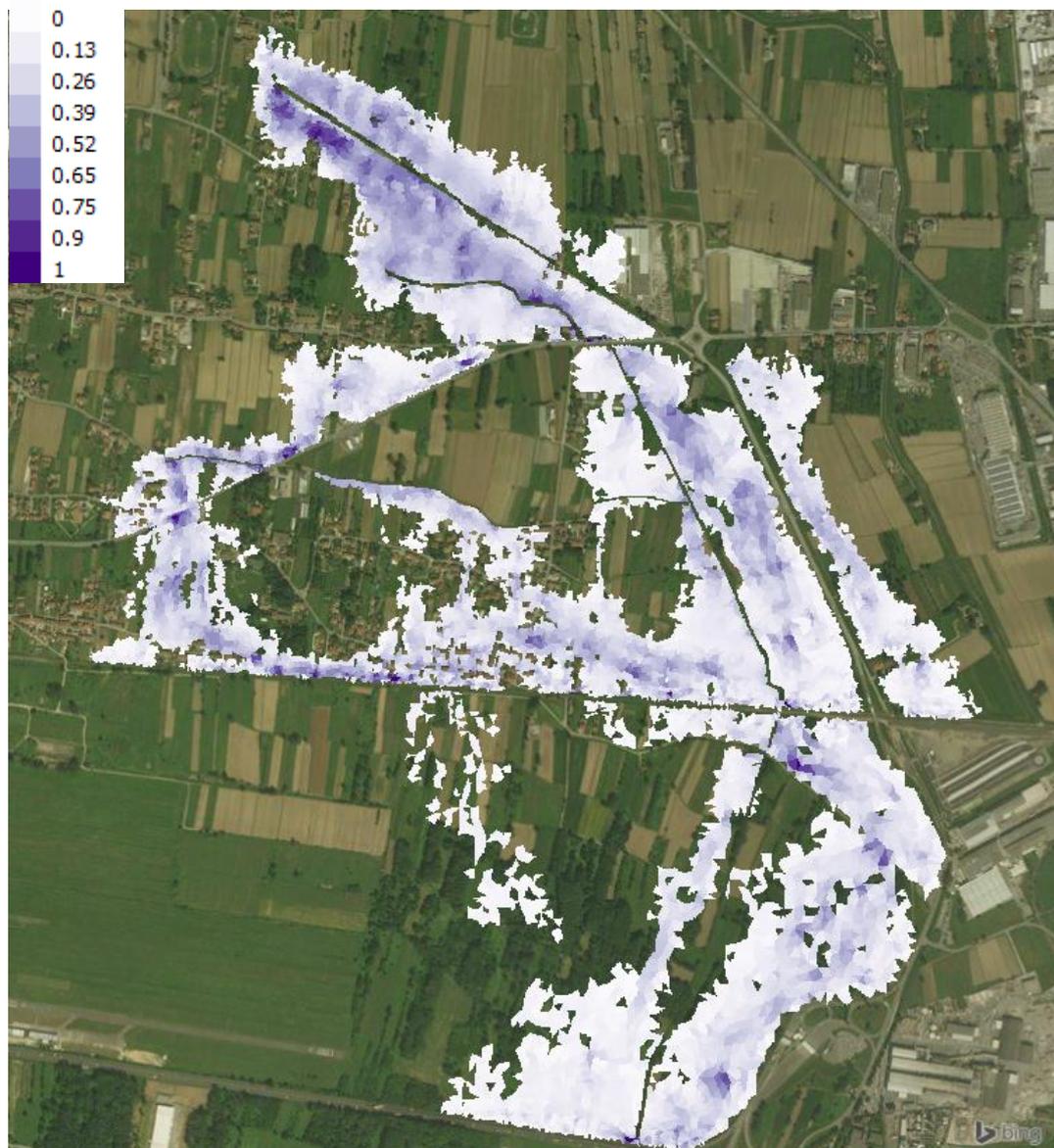


Figura 77. Carta delle velocità (m/s) relative al bacino del Frizzone e Arpino nello stato attuale per  $Tr=200$  anni.

### 7.3.3 Verifiche post operam – scenario “intermedio”

La geometria del modello è stata modificata inserendo il rilevato di progetto della tangenziale di Lucca, definito utilizzando il solido 3D di progetto, le geometrie di progetto dei tombini di attraversamento del Rio Arpino e del Frizzone, definite a seguito dell'analisi

monodimensionale in moto permanente, nonché la geometria della deviazione dell'alveo del rio Frizzone tra le progressive 3+300 e 4+000.

Dall'analisi dei risultati delle verifiche post operam si osserva che con le opere di progetto non si genera una variazione sostanziale delle aree allagabili. Ciò è dato dal fatto che l'adeguamento della sede stradale in progetto non prevede abbassamenti della livelletta stradale.

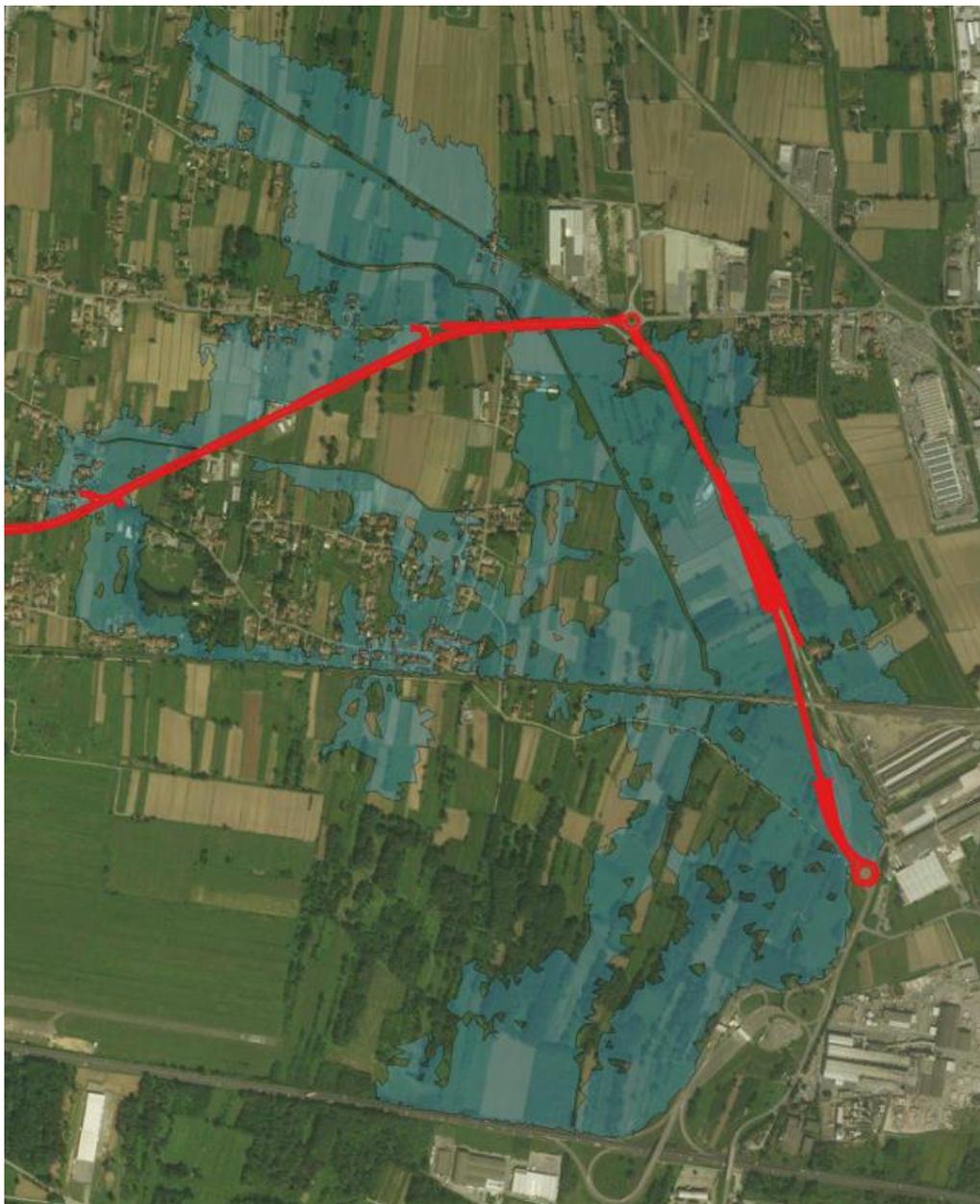


Figura 78. Aree soggette ad allagamento nei bacini del Frizzone e Arpino per  $Tr=200$  anni nella configurazione di progetto

Non risultano infine soggetti ad allagamento i tratti di nuova realizzazione costituiti dai rilevati di approccio del viadotto di attraversamento della ferrovia PI-LU e dalla rotatoria di innesto alla via del Frizzone.

Come mostrato nella carta dei tiranti idrici, riportata in figura seguente, e nella carta delle differenze tra i tiranti idrici (m) della configurazione di progetto e attuale, non sono presenti sostanziali differenze tra lo stato di fatto e quello di progetto.

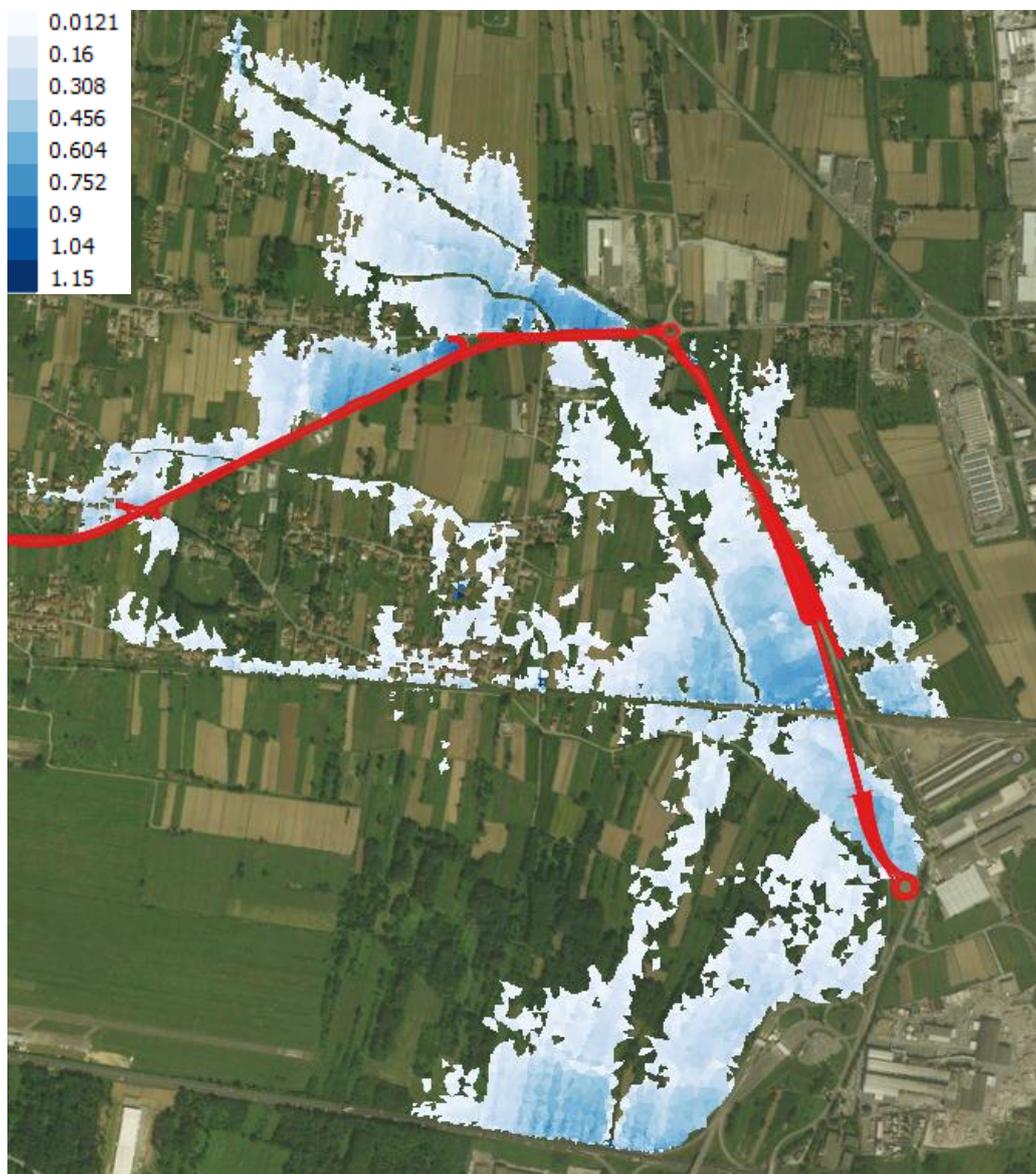


Figura 79. Tiranti idrici (m) relativi ai bacini del Frizzone dell'Arpino nella configurazione di progetto per  $T_r=200$  anni

Nella figura seguente sono riportate le differenze tra i tiranti idrici (m) relativi al bacino del Rio Arpino e Rio Frizzone per  $T_r=200$  anni nella configurazione di progetto e in quella attuale. Con diverse sfumature di verde sono rappresentate le differenze positive ( $h_{\text{progetto}} > h_{\text{attuale}}$ ), con sfumature di violetto le differenze negative ( $h_{\text{progetto}} < h_{\text{attuale}}$ ).

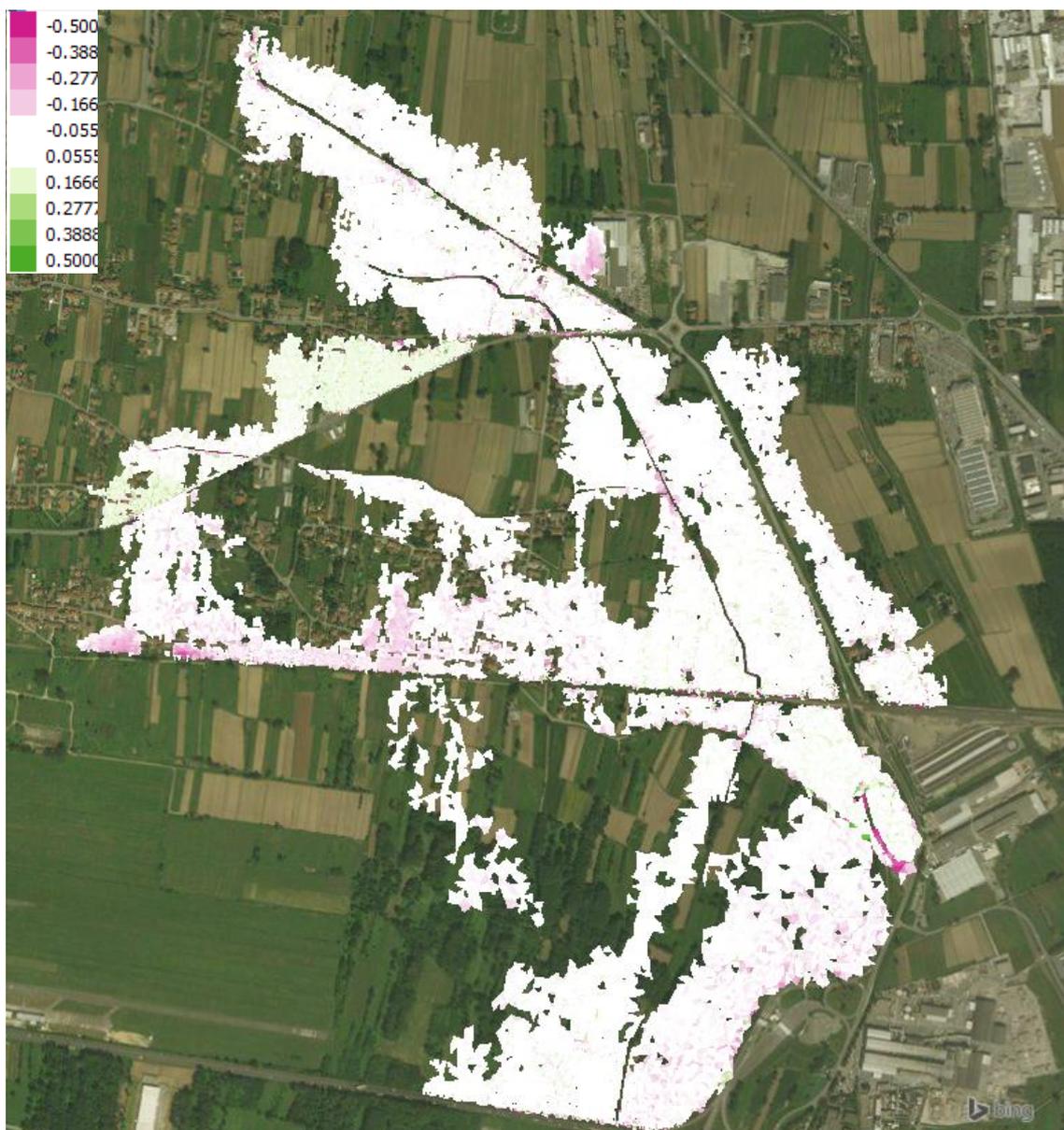


Figura 80. Differenza tra i tiranti idrici (m) relativi al bacino del Rio Arpino e Rio Frizzone per  $Tr=200$  anni nella configurazione di progetto e in quella attuale. In verde differenze positive ( $h_{\text{progetto}} > h_{\text{attuale}}$ ), in violetto differenze negative ( $h_{\text{progetto}} < h_{\text{attuale}}$ )

Nella figura seguente si riporta la carta delle velocità relative al bacino del Frizzone e Arpino nello stato attuale per  $Tr=200$  anni. Come si può osservare il campo di velocità nella configurazione di progetto non risulta essere molto differente da quello relativo alla configurazione attuale. Il flusso che interessa l'area in sinistra del Rio Arpino, tra la strada in progetto e il rilevato ferroviario, è caratterizzato da velocità dell'ordine di 0.4-0.5 m/s, ma si mantiene scostato dal piede del rilevato dell'asse EO fino al viadotto in progetto, dove le velocità sono dell'ordine di 0.1 m/s.

Velocità maggiori si registrano invece al piede del rilevato che collega il viadotto in progetto alla rotatoria finale dell'asse EO, dell'ordine di 0.4-0.5 m/s. Risulta pertanto necessario

proteggere il rilevato dall'erosione della corrente mediante la posa di un rivestimento in materassi tipo reno.

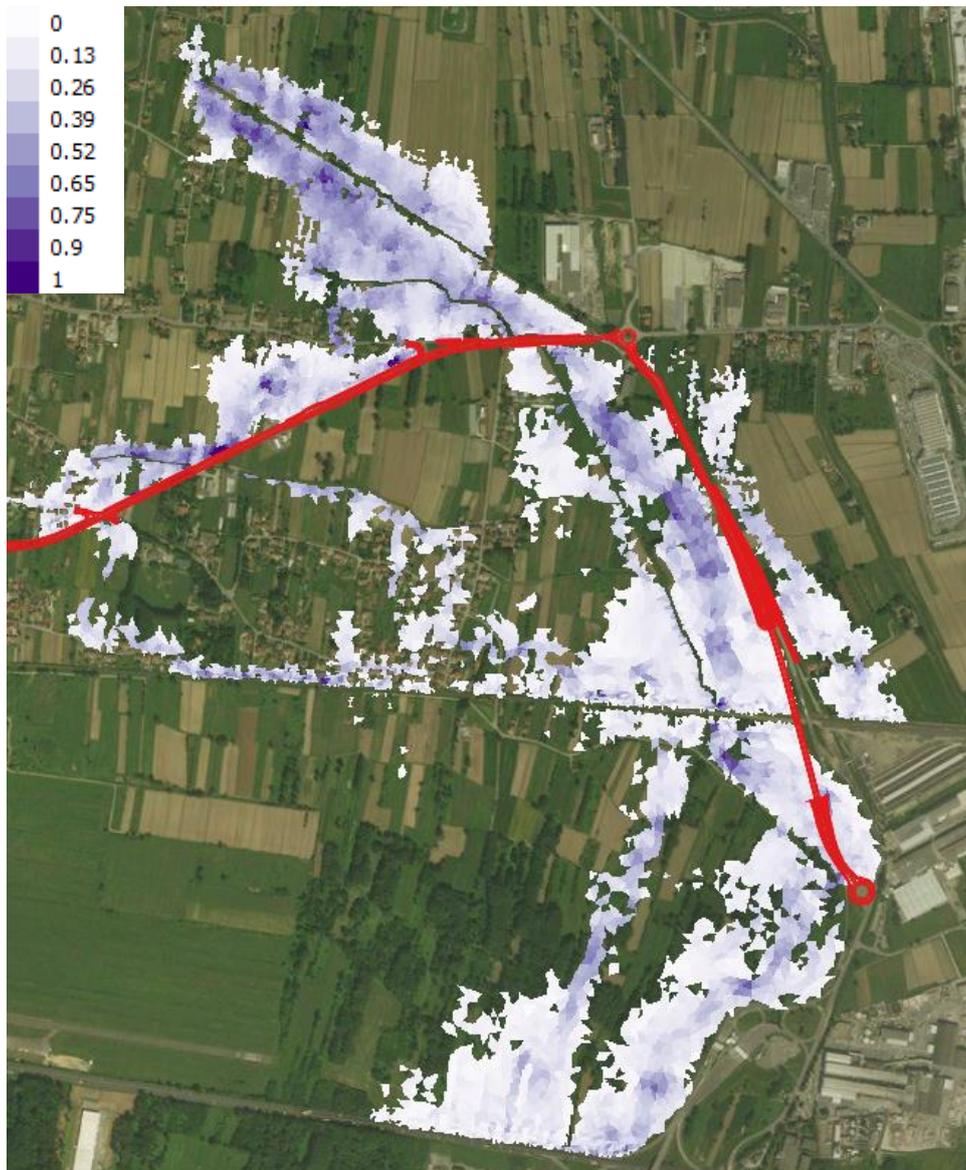


Figura 81. Carta delle velocità (m/s) relative al bacino del Frizzone e Arpino nello stato di progetto per  $Tr=200$  anni.

Tutti i risultati sono rappresentati in forma grafica nei seguenti elaborati:

- T00ID02PL01-02 (Rio Arpino-Planimetria delle aree di potenziale esondazione Ante e Post Operam per  $Tr$  30 e 200 anni, inquadramento generale e di dettaglio)
- T00ID02PL03-04 (Rio Arpino - Mappa dei battenti per  $Tr$  200 anni, ante e post operam)
- T00ID02PL05 (Rio Arpino - Mappa dei battenti per  $Tr$  200 anni: confronto ante e post operam)

- T00ID02PL06-07 (Rio Arpino - Mappa delle velocità per Tr 200 anni, ante e post operam)
- T00ID03PL01-02 (Rio del Frizzone -Planimetria delle aree di potenziale esondazione Ante e Post Operam per Tr 30 e 200 anni, inquadramento generale e di dettaglio)
- T00ID03PL03-04 (Rio del Frizzone - Mappa dei battenti per Tr 200 anni, ante e post operam)
- T00ID03PL05 (Rio del Frizzone - Mappa dei battenti per Tr 200 anni: confronto ante e post operam)
- T00ID03PL06-07 (Rio del Frizzone -Mappa delle velocità per Tr 200 anni, ante e post operam)

## 8 SINTESI DEI RISULTATI E CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Le analisi effettuate nel presente studio approfondiscono lo studio idraulico precedentemente prodotto nell'ambito della progettazione preliminare dell'intervento. In particolare sono state recepite le prescrizioni contenute nella delibera del C.I.P.E. n°38/2016 di approvazione del progetto preliminare.

Sono state individuate ed analizzate le principali interferenze tra il tracciato di progetto ed il reticolo idrografico principale e secondario e con il reticolo irriguo, e sono state effettuate analisi idrauliche dei corsi d'acqua del reticolo principale (F. Serchio) e secondario (Canale Ozzoretto, Rio Arpino e Rio del Frizzone), per i quali è stata effettuata un'attenta e approfondita indagine al fine di verificare la compatibilità idraulica dell'opera nel suo complesso.

### Ricognizione interferenze con rete idrografica/irrigua e risoluzione

La ricognizione delle interferenze dei tracciati stradali (nuovi ed esistenti) con il reticolo idrografico superficiale è stata effettuata in prima battuta consultando dal sito ufficiale della Regione Toscana la mappa del *Reticolo idrografico e di gestione*, individuato dalla Regione stessa attuando quanto disposto dalla Legge regionale 79/2012.

Le informazioni recepite in base al suddetto database regionale sono state, ove possibile, successivamente verificate attraverso i rilievi prodotti in fase di progettazione definitiva (rilievi aerofotogrammetrici in scala 1:2000 e rilievi celerimetrici in scala 1:500 ove disponibili) o attraverso sopralluoghi. Dagli stessi rilievi sono state individuate ulteriori interferenze minori caratterizzate principalmente da scoline di campo.

Alla luce dei dati reperiti, pertanto, è stato possibile suddividere il reticolo superficiale interferente con i tracciati stradali di progetto in:

1. Reticolo di tipo idrografico (rete drenante superficiale principale): caratterizzato da Canale Ozzoretto, Rio Arpino e Rio del Frizzone
2. Reticolo di tipo irriguo (canali irrigui con recapito nel reticolo idrografico superficiale): interferenti principalmente con gli assi di nuova realizzazione
3. Reticolo di scolo dei campi agricoli
4. Altro Reticolo (es. Reticolo fognario comunale): interferente principalmente con la SP Romana in adeguamento.

In merito al reticolo idrografico, per esigenze dettate sia dalle verifiche idrauliche che dalle nuove configurazioni dei tracciati stradali, si è reso necessario intervenire sulle attuali sistemazioni dei canali sia ampliando la sezione degli attraversamenti esistenti per renderli

compatibili con futuri adeguamenti per portate idrologiche duecentennali, sia deviando i corsi d'acqua ove necessario.

In merito al reticolo irriguo, tutte le interferenze sono state risolte mediante idonee deviazioni dei canali, cercando di limitare i tratti in attraversamento della strada di progetto, adottando criteri stabiliti di concerto con i tecnici del Consorzio di Bonifica Toscana Nord per il progetto delle opere di attraversamento.

#### Modellazioni eseguite

Relativamente alle interferenze con il reticolo idrografico principale, rappresentato dal fiume Serchio, e con quello secondario, rappresentato dal Canale Ozzoretto, Rio Arpino e Rio Frizzone, sono state analizzate le condizioni di rischio di allagamento a diverso tempo di ritorno ( $Tr = 30, 100, 200$ ) attraverso l'implementazione di un modello idraulico monodimensionale per il tracciamento dei profili di corrente in moto permanente, utilizzando il software di calcolo HEC-RAS dell'US Army Corp of Engineers allo scopo di:

- Valutare la capacità di smaltimento attuale del corso d'acqua, ed in particolare dei manufatti che lo attraversano nei tratti interferenti con i tracciati del progetto in esame
- Verificare le condizioni di deflusso del canale con sezione adeguata per una portata idrologica con  $Tr$  200 anni, nell'ipotesi di una futura sistemazione del corso d'acqua e delle opere di attraversamento
- Verificare che le nuove opere di attraversamento dimensionate in funzione di una portata idrologica per  $Tr$  200 anni non implicino un incremento di rischio idraulico nei tratti a monte o valle.

I risultati ottenuti dall'analisi condotta per il fiume Serchio confermano la carta degli allagamenti fornita dall'Autorità di Bacino del fiume Serchio, per  $Tr=200$  anni. In particolare si osserva che il tratto su cui si interviene con la realizzazione della rotatoria di innesto alla SS12 non risulta interessato da allagamenti causati dall'esonazione del fiume Serchio, neanche per  $Tr=500$  anni.

Poiché l'opera in progetto interferisce direttamente con i corsi d'acqua minori, Canale Ozzoretto, Rio Arpino e Rio Frizzone, per questi canali l'analisi idraulica ha riguardato tre diversi scenari:

- Scenario 1 ante-operam: analisi dello stato attuale del corso d'acqua
- Scenario 2 post-operam: analisi del corso d'acqua con l'inserimento dei manufatti di attraversamento in progetto e il mantenimento delle attuali sezioni dell'alveo.
- Scenario 3 di adeguamento del corso d'acqua: analisi del corso d'acqua comprensiva degli interventi di adeguamento delle sezioni e di riprofilatura del fondo alveo necessari

per garantire il transito della portata idrologica duecentennale con franco sulle sponde di 1m.

Tutte le verifiche sono state effettuate in moto permanente, in regime di mixed flow.

Vista la natura del bacino del canale Ozzoretto e dei rii Arpino e Frizzone, che nella parte alta del bacino non presentano un reticolo principale ben definito, le verifiche di compatibilità idraulica sono state effettuate mediante l'analisi con modellazione 2D (stato di fatto e stato di progetto).

#### Risultanze analisi 1D e 2D Canale Ozzoretto per lo stato attuale

Dall'analisi delle verifiche dello stato attuale del Rio Ozzoretto risulta che la capacità di smaltimento del corso d'acqua è fortemente limitata dalla presenza di attraversamenti le cui sezioni non sono compatibili con i valori delle portate idrologiche a diverso tempo di ritorno precedentemente stimate.

In particolare gli attraversamenti di via Madonnina a nord (progr stradale km 4+840 Asse Nord-Sud), di Via de' Marchi (progr stradale km 5+100 Asse Nord-Sud) e della via Francigena (non oggetto di intervento) sono in grado di far transitare al massimo una portata di 5 mc/s, mentre gli attraversamenti della rotatoria di Antraccoli e di via Madonnina a sud (progr. Stradale km 0+125 Asse Ovest-Est Tratto 1) sono in grado di far transitare al massimo una portata di 10 mc/s.

Anche in assenza dei manufatti presenti, le sezioni del canale non sono in grado di far transitare la portata idrologica stimata per  $T_r=200$  anni, ma al massimo una portata di circa 10 mc/s, in assenza di franco, corrispondente a un tempo di ritorno inferiore a 30 anni per il bacino Ozz\_1 e di circa 10 anni per il bacino complessivo Ozz\_1 e Ozz\_2.

I risultati dell'analisi 2D mostrano che allo stato attuale gli allagamenti sul bacino dell'Ozzoretto, che interessano una superficie complessiva di circa 560 ha, sono caratterizzati da tiranti compresi tra 10 e 30 cm, sulla quasi totalità delle aree. L'area dove si osservano tiranti maggiori è quella ubicata a valle della rotatoria di Antraccoli, laddove al contributo del sottobacino Ozz\_1 si somma anche il contributo del sottobacino Ozz\_2: qui si osservano tiranti fino a 1.0 m.

#### Risultanze analisi 1D e 2D Rio Arpino e Rio del Frizzone per lo stato attuale

Dall'analisi delle verifiche dello stato attuale del Rio Arpino risulta che la capacità di smaltimento del corso d'acqua è fortemente limitata dalla presenza di attraversamenti le cui sezioni non sono compatibili con i valori delle portate idrologiche a diverso tempo di ritorno. In

particolare risultano fortemente condizionanti l'attraversamento dell'autostrada A11 e quello di via dell'Arpino.

L'attuale attraversamento della SP Romana, oggetto del futuro intervento di adeguamento (asse EO), risulta compatibile al solo transito della Q30 con franco di 60 cm e della Q100 senza franco di sicurezza, mentre non risulta compatibile con la Q200.

Allo stato attuale le sezioni del corso d'acqua sono in grado di far transitare, senza adeguato franco, una portata di circa 5 mc/s, corrispondente a circa 10 anni di tempo di ritorno se si considera il bacino nel suo insieme, dato dalla somma dei sottobacini 1 e 2. Per valori superiori di portata sono possibili allagamenti sia in sponda sinistra che in sponda destra.

Dall'analisi delle verifiche dello stato attuale del Rio Frizzone risulta che la capacità di smaltimento del corso d'acqua risulta compatibile, pur non presentando ovunque il franco di 1.0 m, con la portata di idrologica Q30. Per tempi di ritorno maggiori l'insufficienza di alcuni attraversamenti ubicati nel tratto a valle della ferrovia PI-LU determinano condizioni di rigurgito della corrente, tali da mandare in crisi anche i manufatti posti a monte, ed in particolare l'attraversamento ferroviario stesso e i due tombini posti al di sotto della SP Romana e della via del Frizzone.

L'attuale attraversamento della SP Romana, oggetto del futuro intervento di adeguamento (asse EO), e l'attraversamento della Via del Frizzone, di realizzazione più recente rispetto al precedente e che verrà mantenuto, risultano compatibili al transito della portata idrologica Q30 con franco rispettivamente di 40 e 70 cm.

A valle di questi due manufatti sono presenti diversi piccoli attraversamenti di accesso a fondi e proprietà private anch'essi compatibili con il transito della Q30, pur senza franco.

L'analisi 2D dei bacini dell'Arpino e del Frizzone evidenzia che complessivamente risultano allagabili circa 200 ha. Attualmente il rilevato della SP Romana, nell'ipotesi della presente schematizzazione modellistica, risulta sormontato in diversi punti, e questo determina l'allagamento delle campagne limitrofe all'alveo del Rio Arpino.

Il rilevato della ferrovia Pisa-Lucca si comporta da sbarramento nei confronti del naturale ruscellamento verso sud delle acque esondate, determinando tiranti compresi tra 50 e 70 cm a monte dello stesso.

Dall'analisi della carta dei tiranti idrici per  $T_r=200$  anni si osserva che allo stato attuale gli allagamenti sono mediamente caratterizzati da tiranti compresi tra 10 e 15 cm, sulla quasi totalità delle aree. Localmente sono tuttavia presenti aree caratterizzate da tiranti maggiori, laddove la corrente è confinata dai rilevati stradali e ferroviario.

Interventi previsti a valle delle simulazioni idrauliche – post operam

Alla luce di quanto emerso dalle analisi idrauliche sono stati definiti gli interventi come di seguito indicati:

- **Ambito del territorio di competenza dell'Ex AdB del Bacino Pilota del f. Serchio:**
  - rifacimento dell'attraversamento idraulico esistente in corrispondenza della rotatoria di Antraccoli mediante demolizione dell'attuale ponte e ricostruzione di due nuovi attraversamenti sotto rotatoria e canale a cielo aperto al centro rotatoria, dimensionati per Tr 200 anni nell'ipotesi di un futuro adeguamento e messa in sicurezza dei canali; (cfr. cap. 6, par. 6.2.3);
  - il rifacimento dell'attraversamento idraulico in corrispondenza di via della Madonnina mediante demolizione dell'attuale opera e ricostruzione di uno scatolare adeguato alla portata idrologica per Tr 200 anni, nell'ipotesi di un futuro adeguamento e messa in sicurezza dei canali; (cfr. cap. 6, par. 6.2.3);
  - realizzazione di un viadotto a 8 campate e di lunghezza complessiva 370 m, le cui spalle saranno ubicate esternamente all'area censita come P3 nelle mappe del PGRA, al fine di rendere completamente trasparente la strada nei confronti di un evento con elevata probabilità di inondazione dell'Ozzoretto.
- **Ambito territorio di competenza dell'Ex AdB del fiume Arno**
  - il rifacimento dei due attraversamenti idraulici mediante demolizione degli attuali tombini e ricostruzione di nuovi scatoletti dimensionati per una portata idrologica con Tr 200 anni, nell'ipotesi di un futuro adeguamento e messa in sicurezza dei canali; (cfr. cap. 7, par. 7.1.2);
  - deviazione del rio del Frizzone (traslazione di qualche metro) per un tratto di circa 700 m: lo spostamento del canale deriva sia dalla necessità di lasciare in destra idraulica uno spazio idoneo per la manutenzione del canale, sia dall'interferenza del nuovo corpo rilevato di approccio al cavalcavia ferroviario del Frizzone. Il progetto di deviazione prevede altresì la demolizione degli attuali ponticelli di collegamento tra le viabilità poderali e la via del Frizzone, la cui sezione idraulica risulta incompatibile per portate con Tr superiori a 30 anni.

In generale, le verifiche idrauliche in moto permanente (Ozzoretto - cfr. cap. 6, Figura 30, Figura 31, Figura 32; Arpino e Frizzone - cfr. cap. 7, Figura 55, Figura 56, Figura 80, Figura 57, Figura 70, Figura 71, Figura 72) mostrano che le suddette opere non comportano trasferimento di rischio a valle in quanto la presenza di vari attraversamenti idraulici ubicati a valle degli interventi - già attualmente non compatibili con portate duecentennali - determinano un profilo di corrente rigurgitato verso monte.

Le stesse analisi bidimensionali eseguite per lo stato di fatto e lo stato di progetto confermano tali risultanze (cfr. mappa dei battenti nel confronto tra ante e post, cap. 6- Figura 43, cap. 7- Figura 80).

#### Compatibilità rispetto agli strumenti di pianificazione

L'area sulla quale si realizzerà la nuova tangenziale di Lucca ricade all'interno di aree allagabili a diverso grado di pericolosità, così come definite dal Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA), redatto dall'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Centrale, che ai sensi del D. LGS 152/2006 ha unificato le ADB dell'Arno e del Serchio. In particolare il tratto denominato asse Nord-Sud (per brevità "NS") e il tratto denominato asse Ovest-Est (per brevità "OE") ricadono all'interno di aree classificate dal PGRA dell'ex Autorità di Bacino Pilota del Fiume Serchio, mentre il tratto denominato asse Est-Ovest (per brevità "EO") ricade all'interno di aree classificate dal PGRA dell'ex Autorità di Bacino del Fiume Arno.

Ai fini del presente studio si è quindi proceduto ad acquisire la cartografia relativa ai due piani citati e ad unificarla redigendo un unico elaborato denominato "*Carta delle aree di pericolosità idraulica*" e un secondo elaborato denominato "*Carte del Rischio idraulico*"

Per le tratte di nuova realizzazione o in variante al tracciato attuale e ricadenti nelle aree a pericolosità P2 e P3 (classificazione secondo P.G.R.A.) sono state adottate scelte di basso rischio, in particolare:

- Asse Nord-Sud: il tracciato ricade all'interno di area a pericolosità P1 (bassa) e rischio prevalentemente R1 (moderato o nullo);
- Asse Ovest-Est - tratto 2: tra le pr. 0 e 0+520 il tracciato ricade all'interno di area a pericolosità P2 (media) e P3 (elevata) e rischio prevalentemente R2 (medio): è stata garantita la massima trasparenza idraulica del tracciato nei confronti della libera espansione della piena del Canale Ozzoretto per  $Tr \leq 200$  anni mediante inserimento di un viadotto a 8 campate di lunghezza complessiva 370 m ed all'inserimento di un tombino dn1500 di permeabilità idraulica alla pr. 0+121.20 asse OE;
- Asse Ovest-Est - tratto 2: tra le pr. 0+520 e la rotatoria osp. S. Luca il tracciato ricade all'interno di area a pericolosità P1 (bassa) e rischio prevalentemente R1 (moderato o nullo);
- Asse Est-Ovest/tratto in variante Cavalcaferrovia Frizzone: in corrispondenza della zona di scavalco della ferrovia LU-PI è garantita maggiore trasparenza nei confronti delle aree P2 e P3 grazie alla previsione di un viadotto di lunghezza complessiva 515m a fronte del ponte esistente di luce 50 m circa e di due tombini di permeabilità dn1500 a valle della spalla 2.

Per quanto riguarda i tratti di adeguamento in sede (asse Est-Ovest e intersezione di Antraccoli), gli interventi non modificano l'attuale assetto di pericolosità o rischio in quanto non alterano sostanzialmente l'attuale configurazione stradale.

Inoltre, nell'ambito del territorio di competenza dell'Ex AdB del Bacino Pilota del f. Serchio, la realizzazione del viadotto sul Canale Ozzoretto garantisce la massima trasparenza nei confronti di potenziali allagamenti determinati dal deflusso di una portata idrologica per Tr 200 anni, e pertanto nei confronti delle aree censite dal PGRA come P2 e P3. Data la difficoltà operativa di arretrare ulteriormente la spalla 1 del viadotto, per aumentare la trasparenza idraulica dell'opera stradale nei confronti di pericolosità P2 è stato inserito alla pr. 0+121.20 un tombino DN1500 di permeabilità.

Nell'ambito del territorio di competenza dell'Ex AdB del fiume Arno, l'area per la quale si verifica sottrazione di volume è quella in corrispondenza del cavalcavia del Frizzone sulla linea ferroviaria LU-PI, trattandosi di tracciato in variante all'attuale sede. Tuttavia gli interventi di rimozione (rilevati e cavalcavia attuali) e quelli di progetto (nuovo viadotto e nuovi rilevati di approccio) si compensano per quanto riguarda i volumi utili all'esondazione delle acque.

Si riscontra infatti che fino alla pr. 3+670 circa asse EO, l'intervento in progetto prevede un adeguamento in sede dell'attuale S.P. Romana e di via del Frizzone, mentre dalla pr. 3+670 fino a fine intervento si prevede un incremento di superficie occupata per complessivi 8500 mq circa, dovuti ai rilevati di approccio al nuovo cavalcavia sulla linea Lucca-Pisa previsto in sostituzione dell'attuale opera. D'altro canto, per i rilevati stradali residuali che andranno dismessi (dopo che entrerà in esercizio la nuova viabilità) si stima una superficie di ingombro di circa 14.000 mq. Pertanto, la demolizione di tali volumi residuali permetterebbe di compensare abbondantemente i volumi sottratti dai nuovi rilevati ad un'eventuale espansione della piena con probabilità P2 e P3.

Pertanto, nelle aree a pericolosità P3 e P2 (PGRA) in cui ricadono gli interventi inseriti nel primo stralcio funzionale, non risulta necessario prevedere opere per il recupero di volumi sottratti alla libera esondazione delle acque, in quanto le soluzioni proposte in merito alle nuove viabilità (asse NS e OE) ed ai tratti in variante (asse EO-via del Frizzone) non comportano complessivamente sottrazione di aree in tal senso.

Le stesse analisi bidimensionali mostrate nei successivi capitoli in corrispondenza delle suddette aree dimostrano altresì che lo stato di progetto non altera sostanzialmente lo stato di fatto (vedere studio di compatibilità idraulica).

## ALLEGATO 1: DESCRIZIONE DEL CODICE DI CALCOLO HEC-RAS

Il software di calcolo HEC-RAS (Hydrologic Engineering Center's River Analysis System) è stato sviluppato dall'U.S. Army Corp of Engineers.

Il programma permette la ricostruzione dei tiranti idrici di un corso d'acqua mediante l'integrazione numerica con il metodo dello "standard step" dell'equazione differenziale del moto permanente.

Il modello di calcolo è basato sulle seguenti ipotesi:

il moto è permanente (le grandezze idrauliche non variano con il tempo);

la geometria dell'alveo è caratterizzata generalmente da variazioni graduali di sezione dove è applicabile l'equazione del moto; nei tronchi dove si realizzano variazioni brusche di sezione viene adottata l'equazione dinamica in forma globale;

il moto è monodimensionale, cioè si trascurano le componenti della velocità nelle direzioni ortogonali a quella di avanzamento della corrente; ne discende che: il carico energetico totale è lo stesso per tutti i punti di una sezione trasversale, la velocità ha una sola componente nella direzione della corrente e la superficie dell'acqua è orizzontale per tutta la sezione trasversale; la pendenza longitudinale non sia troppo elevata (minore del 10%);

I dati di base richiesti dal programma di calcolo utilizzato sono sostanzialmente quelli relativi alle caratteristiche geometriche ed idrauliche del corso d'acqua in analisi. I dati necessari sono i profili di fondo (sezioni trasversali), le lunghezze dei tratti e la scabrezza dell'alveo e delle aree golenali.

La geometria dei tronchi d'alveo è definita mediante la forma e le caratteristiche idrauliche delle due sezioni che lo delimitano; queste ultime devono essere rilevate, perpendicolarmente alla direzione della corrente, nei punti rappresentativi del corso d'acqua, dove si riscontrino cambi della geometria del canale o delle caratteristiche idrauliche (cambi di pendenza, scabrezza, portata, ponti ecc.).

Il programma consente di assegnare differenti scabrezze a diverse zone della sezione. Nel caso in esame è stato assegnato un coefficiente di scabrezza di Manning variabile, in funzione delle caratteristiche del materiale d'alveo e di copertura, nell'ambito della stessa sezione per l'alveo principale e le zone inondabili. I valori del coefficiente di scabrezza adottati sono variabili da  $n=0,033$  nel caso di alveo principale a  $n=0,04$  per zone di golena

Fondamenti teorici del deflusso in moto permanente utilizzati nel programma di calcolo

In ogni sezione normale all'asse della corrente, la pressione varia seguendo la legge idrostatica. La condizione di continuità prevede che la portata sia costante, mentre l'area della sezione " $\Omega$ " e la velocità media " $V$ " variano gradualmente lungo l'asse " $s$ " della corrente:

$$Q = \Omega \times V = Cost \quad [2.1]$$

L'equazione del moto è espressa mediante la formula:

$$J = -\frac{dH}{ds} \quad [2.2]$$

dove H, che rappresenta il carico totale, è espresso dalla relazione:

$$H = z_f + \frac{p}{\gamma} + \frac{V^2}{2 \times g} \quad [2.3]$$

Per quanto concerne la cadente j del carico idraulico totale, essa si valuta assumendo che gli sforzi tangenziali sul contorno dipendano solo dalle condizioni di scabrezza della parete, dalla forma della sezione e dalla velocità media. Si assume quindi:

$$J = \frac{V^2}{\chi^2 \times R} \quad [2.4]$$

dove "χ" è il coefficiente di resistenza di Chèzy, variabile da sezione a sezione, in funzione della variazione dell'area della sezione e del perimetro bagnato (e di conseguenza il raggio idraulico e la scabrezza relativa).

Le due equazioni fondamentali sono risolte mediante la su accennata procedura iterativa (standard step method) allo scopo di calcolare la quota del pelo libero incognita per una sezione:

- equilibrio energetico:

$$h_2 + \frac{\alpha_2 \times V_2^2}{2 \times g} = h_1 + \frac{\alpha_1 \times V_1^2}{2 \times g} + \Delta H \quad [2.5]$$

- perdite di carico:

$$\Delta H = \lambda \times L + c \times \left| \frac{\alpha_2 \times V_2^2}{2 \times g} - \frac{\alpha_1 \times V_1^2}{2 \times g} \right| \quad [2.6]$$

in cui:

$h_1, h_2$  = quote del pelo libero nelle sezioni rispettivamente di monte e di valle;

$V_1, V_2$  = velocità media nelle sezioni rispettivamente di monte e di valle;

$\alpha_1, \alpha_2$  = coefficienti correttivi dell'energia cinetica nelle sezioni rispettivamente di monte e di valle;

$g$  = accelerazione di gravità;

$\Delta H$  perdite di carico nel tratto;

$L$  = lunghezza del tratto di riferimento (pesata sulle portate nel caso di alveo pluricursale);

$\lambda$  = coefficiente di attrito per le perdite distribuite nel tratto;

$c$  = coefficiente di perdita di carico localizzata nelle eventuali variazioni di sezioni.

La lunghezza del tratto di riferimento viene pesata sulle portate ed è ricavata dalla relazione:

$$L = \frac{L_{sx} \times Q_{sx} + L_{ch} \times Q_{ch} + L_{dx} \times Q_{dx}}{Q_{sx} + Q_{ch} + Q_{dx}} \quad [2.7]$$

in cui.

$L_{sx}, L_{ch}, L_{dx}$  = lunghezza specifica dell'area, interessata al flusso, golena a sinistra, all'interno e a destra delle sponde;

$Q_{sx}, Q_{ch}, Q_{dx}$  = media aritmetica (sulle due sezioni) delle portate di competenza delle sezioni parziali a sinistra, all'interno ed a destra delle sponde.

Al fine di determinare la portata complessiva in una sezione, il flusso viene diviso in flussi parziali interni a sotto-sezioni per le quali si possa considerare la distribuzione di velocità come uniforme, senza per questo incorrere in approssimazione eccessive.

La conduttanza di competenza di ogni sotto-sezione è ottenuta mediante la seguente equazione:

$$k = \frac{1}{n} \times a \times r^{2/3} \quad [2.8]$$

in cui:

$k$  = conduttanza nella sotto-sezione di deflusso;

$n$  = coefficiente di Manning per la sotto-sezione;

$a$  = area della sotto - sezione interessata al flusso;

$r$  = raggio idraulico della sotto-sezione.

La conduttanza totale sarà data dalla somma delle conduttanze di competenza di ogni sotto-sezione.

Nei calcoli la sezione naturale è stata divisa in tre aree con diverse caratteristiche rappresentate rispettivamente dal canale e dalle due aree laterali golenali.

Anche il coefficiente correttivo dell'energia cinetica è ricavato tenendo conto della suddivisione della sezione, tramite la seguente equazione:

$$\alpha = A^2 \times \frac{\left( \frac{K_{sx}^3}{A_{sx}^2} + \frac{K_{ch}^3}{A_{ch}^2} + \frac{K_{dx}^3}{A_{dx}^2} \right)}{K^3} \quad [2.9]$$

in cui:

A = area totale interessata al flusso;

K = conduttanza totale nella sezione;

Asx, Ach, Adx = area, interessata al flusso, rispettivamente per le sotto-sezioni a sinistra, all'interno ed a destra delle sponde;

Ksx, Kch, Kdx = conduttanze nelle sotto-sezioni, rispettivamente, a sinistra, all'interno e a destra delle sponde.

Le perdite distribuite nel tronco di corso d'acqua di lunghezza "L" (pesata sulle portate) è data dal prodotto di quest'ultima per il coefficiente di attrito  $\lambda$

$$\Delta H = \lambda \times L \quad [2.10]$$

Il programma consente di scegliere l'espressione di  $\lambda$  tra le seguenti alternative:

coefficiente di attrito media aritmetica:

$$\lambda = \frac{\lambda_1 + \lambda_2}{2} \quad [2.11]$$

coefficiente di attrito media sulle portate:

$$\lambda = \left( \frac{Q_1 + Q_2}{K_1 + K_2} \right)^2 \quad [2.12]$$

coefficiente di attrito media geometrica:

$$\lambda = \sqrt{\lambda_1 \times \lambda_2} \quad [2.13]$$

coefficiente di attrito media armonica:

$$\lambda = \frac{2 \times \lambda_1 \times \lambda_2}{\lambda_1 + \lambda_2} \quad [2.14]$$

in cui:

Q1, Q2 = portata nelle due sezioni che limitano il tratto;

K1, K2 = conduttanza nelle due sezioni che limitano il tratto;

$\lambda_1, \lambda_2$  = coefficienti di attrito nelle due sezioni che limitano il tratto.

Il calcolo delle perdite di carico dovute alla contrazione o espansione della corrente si basa sulla seguente relazione:

$$\Delta H = c \times \left| \frac{\alpha_2 \times V_2^2}{2 \times g} - \frac{\alpha_1 \times V_1^2}{2 \times g} \right| \quad [2.15]$$

dove:

V1, V2 = velocità media nelle sezioni rispettivamente di monte e di valle;

$\alpha_1, \alpha_2$  = coefficienti correttivi dell'energia cinetica nelle sezioni rispettivamente di monte e di valle;

g = accelerazione di gravità;

$\Delta H$  = perdite di carico concentrate nel tratto;

c = coefficiente di perdita di carico localizzata nelle eventuali variazioni di sezioni:

Secondo il programma si verifica una contrazione della corrente ogni volta che il carico cinetico a valle è maggiore di quello a monte; analogamente, quando il carico cinetico a monte è maggiore di quello a valle, il programma assume che vi sia un'espansione.

Il coefficiente c nel caso di espansione varia tra 0,3 e 0,8, mentre nel caso di contrazione varia tra 0,1 e 0,6.

La quota del pelo libero ad una sezione trasversale è determinata risolvendo iterativamente le equazioni [2.5] e [2.6] secondo la seguente procedura:

Passo 1: Assunzione di un valore (arbitrario) per la quota del pelo libero nella sezione più a monte, nel caso di corrente veloce, od a valle nel caso di corrente lenta.

Passo 2: Determinazione della portata totale e della velocità della corrente corrispondenti alla quota di cui al passo 1 .

Passo 3: Calcolo del valore del coefficiente di attrito  $\lambda$  e determinazione delle perdite energetiche mediante la risoluzione dell'equazione [2.10].

Passo 4: Calcolo della quota del pelo libero  $h_2$  mediante risoluzione dell'equazione [2.5] utilizzando i valori ottenuti con i passi 2 e 3.

Passo 5: Comparazione del valore della quota del pelo libero calcolata con il passo 4 con quella assunta al passo 1; ripetizione dell'intera procedura finché la differenza tra le due quantità è minore di quella assunta ammissibile.

Una volta ottenuta la quota del pelo libero "bilanciata" in una sezione, il programma verifica che questa sia in accordo con le ipotesi assunte sul regime della corrente; se ciò non avviene la quota del pelo libero verrà considerata coincidente con la profondità critica.

La profondità critica è la quota per la quale il carico specifico è minimo e viene calcolata con procedura iterativa basata sull'equazione che definisce il carico specifico in una data sezione. La profondità critica per una sezione trasversale viene determinata ogni volta che si verifica una delle seguenti condizioni:

- La corrente è veloce;
- Il calcolo della profondità critica viene richiesto dall'utente;

Il programma non è riuscito a bilanciare l'equazione dell'energia entro i limiti della tolleranza prestabilita al raggiungimento del numero massimo di iterazioni.

La quota del pelo libero iniziale per le sezioni al contorno può essere specificata in uno dei seguenti quattro modi:

- come profondità critica;
- come una elevazione nota;
- come profondità di moto uniforme con pendenza assegnata, ovvero come pendenza della linea dei carichi assegnata;
- da una scala di deflusso.

La portata viene specificata in una apposita variabile nella sezione di monte, ma può essere variata in una qualunque sezione e per tutte le sezioni a valle impostando una seconda variabile.

Ogni ponte è descritto da quattro sezioni: due a monte del ponte e due a valle, di cui le due centrali in corrispondenza del ponte e le altre ad una distanza sufficiente da poter ritenere la corrente indisturbata rispetto al ponte stesso.

- Sezione 1: deve trovarsi sufficientemente a valle della struttura cosicché la corrente non ne risente (cioè in modo che riesca a espandersi completamente). L'USGS (United States

Geological Survey) ha stabilito un criterio secondo il quale la sezione deve essere posizionata ad una distanza, verso valle, pari alla larghezza dell'apertura del ponte;

- Sezione 2: deve trovarsi a breve distanza dalla facciata di valle del ponte. Questa sezione dovrebbe rappresentare la sezione di deflusso appena dopo il ponte;

- Sezione 3: deve trovarsi a breve distanza dalla facciata di monte del ponte. La distanza fra la sezione e il ponte dovrebbe riflettere solamente la lunghezza necessaria alla brusca accelerazione e contrazione della corrente che avviene nell'area nelle immediate vicinanze dell'apertura. Questa sezione rappresenta inoltre la sezione di deflusso appena a monte del ponte;

- Sezione 4: rappresenta la sezione dove le linee di deflusso sono approssimativamente parallele. L'USGS ha stabilito un criterio secondo il quale la sezione deve essere posizionata ad una distanza verso monte pari alla larghezza dell'apertura del ponte.

I dati relativi al ponte di cui la procedura necessita riguardano, oltre alla forma e alla larghezza delle pile, la posizione dell'asse nel riferimento trasversale ed una serie di punti incrementati lungo la sezione, cui sono associate le quote dell'estradosso e dell'intradosso dell'impalcato.

Le perdite di carico causate da strutture quali ponti o coperture sono calcolate in due parti: in primo luogo vengono calcolate le perdite dovute all'espansione ed alla contrazione della sezione sui lati a monte ed a valle della struttura e secondariamente viene calcolata la perdita concentrata dovuta alla struttura stessa; a tal scopo sono disponibili due metodi:

- metodo "pelo libero" che si applica a ponti senza pile e a ponti ad arco interessati da una corrente il cui pelo libero abbia una quota inferiore a quella dell'imposta del ponte: consiste in una semplice sottrazione dell'area occupata dal ponte da quella definita dal contorno del terreno;

- metodo "in pressione"<sup>1</sup> che si applica in tutti gli altri casi, con particolare riguardo a condizioni di corrente che comportino l'attraversamento della profondità critica; con questo metodo viene ad essere diversificata la procedura e quindi il complesso di equazioni utilizzato a seconda delle caratteristiche del flusso in rapporto al ponte.

In particolare se la quota del pelo libero è minore dell'imposta del ponte si distinguono i casi e le soluzioni proposte in funzione del regime della corrente:

- In caso di corrente veloce viene generalmente utilizzato il bilancio dei momenti (subito a monte e a valle del ponte) basato sull'equazione proposta da Koch e Carstanjen nel 1962:

---

<sup>1</sup> Questo metodo approssima sempre trapeziodalmente l'apertura dei ponti

$$m_1 - m_{p1} + \frac{Q^2}{g \times A_1^2} \times \left( A_1 - \frac{c_p}{2} \times A_{p1} \right) = m_2 + \frac{Q^2}{g \times A_2} = m_3 - m_{p3} + \frac{Q^2}{g \times A_3} \quad [2.16]$$

in cui:

A1, A3 = area interessata al flusso, rispettivamente nelle sezioni a monte ed a valle dei ponte;

A2 = area interessata al flusso, depurata dell'area delle pile ad una sezione compresa nel ponte;

Api, AP3 = aree ostruite rispettivamente nelle sezioni a monte e a valle;

y1, y2, y3 = distanza dei pelo libero dai centri di gravità di A1, A2, A3

m1, m2, m3 = rispettivamente  $A_1 y_1$ ,  $A_2 y_2$ ,  $A_3 y_3$

mpl, mP3 = rispettivamente  $A_{p1} y_{p1}$ ,  $A_{p3} y_{p3}$

cp = coefficiente di resistenza delle pile, compreso tra 2 (pile squadrate) e 1,33 (pile semicircolari);

yp1, yp3 = distanza dei pelo libero dai centri di gravità di Api, Ap3

Q = portata;

g = accelerazione di gravità;

- Nel caso di corrente lenta, all'equazione [2.16], si preferisce l'espressione di Yarell, che consente di determinare il cambiamento di quota del pelo libero nell'attraversare il ponte:

$$H_3 = 2 \times K_f \times (K_f + 10\omega - 0,6) \times (\alpha + 15\alpha^4) \frac{v_3^2}{2 \times g} \quad [2.17]$$

in cui:

H3 = diminuzione della quota del pelo libero tra i lati di monte e di valle;

Kf = coefficiente di forma delle pile dei ponte;

$\omega$  = rapporto tra il valore del carico cinetico e quello della profondità del pelo libero nella sezione di valle del ponte;

$\alpha$  = rapporto tra la parte di sezione ostruita dal ponte e quella libera;

v3 = velocità a valle del ponte;

g = accelerazione di gravità.

La quota del pelo libero nella sezione di monte verrà calcolata aggiungendo il valore così ottenuto alla quota del pelo libero nella sezione di valle (già nota per le precedenti elaborazioni).

Se la quota del pelo libero è pari a quella dell'imposta del ponte si è nel caso di flusso in pressione e viene impiegata l'equazione per il flusso attraverso un orifizio, pubblicata sul Manuale di Ingegneria dell'U.S. Army Corps of Engineering:

$$Q = A \times \sqrt{\frac{2 \times g \times H}{K}} \quad [2.18]$$

in cui:

H = differenza tra il valore del carico a monte del ponte e la quota del pelo libero a valle;

K = coefficiente totale di perdita di carico;

A = area della luce libera del ponte;

g = accelerazione di gravità;

Q = portata defluente sotto il ponte.

Se la quota del pelo libero supera l'elevazione dell'imposta del ponte e la luce è ostruita si applica l'equazione:

$$Q = C \times L \times H^{3/2} \quad [2.19]$$

in cui:

H = differenza tra il valore del carico a monte del ponte e la quota dell'estradosso

C = coefficiente di portata

L = larghezza effettiva dello stramazzo

Q = portata defluente sopra il ponte

Spesso il flusso reale è dato da una combinazione di questi casi. Il programma allora utilizza una procedura iterativa basata sulle equazioni suddette allo scopo di determinare le portate relative a entrambi i tipi di flusso.

La procedura consiste nell'assunzione di valori progressivi per il carico totale per determinare la portata totale finché questa non differisce di più dell'1% da quella del passo precedente o dal valore prefissato.

Il programma, inoltre, consente il tracciamento di profili di moto permanente anche in presenza di manufatti trasversali (soglie e traverse). In questo caso il deflusso a stramazzo viene simulato mediante l'equazione:

$$Q = \mu \times B \times 2 \times g \times H^{3/2} \quad [2.20]$$

in cui:

$\mu$  = coefficiente di efflusso sulla soglia sfiorante, variabile in funzione del tipo di stramazzo e del carico sulla soglia;

B = lunghezza della soglia sfiorante;

H = dislivello tra il carico totale di monte e la quota della soglia.

## ALLEGATO 2: DESCRIZIONE DEL MODELLO BIDIMENSIONALE INFOWORKS ICM

Infoworks ICM è un applicativo software per la verifica e la progettazione di sistemi idraulici complessi costituiti da reti idrauliche e corsi d'acqua di tipo naturale. Il software consente di costruire e risolvere, in regime di moto vario, modelli idraulici di tipo monodimensionale (1D) che consentono di valutare la propagazione dell'onda di piena in alveo, modelli idraulici di tipo puramente bidimensionale (2D) per lo studio della propagazione dell'esondazione in aree su cui è definita una griglia di elementi triangolari sulla base topografica costituita, generalmente, da un modello digitale del terreno (DTM) e modelli idraulici combinati (1D – 2D) con la modellazione ibrida monodimensionale nel canale e bidimensionale nelle aree inondabili.

Infoworks ICM è dotato di un risolutore per il moto vario nella conformazione bidimensionale che utilizza la metodologia di calcolo dei volumi finiti.

Il modulo di calcolo 2D utilizzato dal software Infoworks ICM si basa sulle ben note equazioni shallow water equations SWE. Le equazioni delle acque basse (shallow water), cioè la versione a profondità media delle equazioni di Navier-Stokes, sono utilizzate per la rappresentazione matematica dei flussi 2D. Le equazioni di SWE assumono che il flusso è prevalentemente orizzontale e che la variazione della velocità sulla verticale può essere trascurata.

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial(hu)}{\partial x} + \frac{\partial(hv)}{\partial y} = q_{1D}$$

$$\frac{\partial(hu)}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left( hu^2 + \frac{gh^2}{2} \right) + \frac{\partial(huv)}{\partial y} = S_{0x} - S_{fx} + q_{1D}u_{1d}$$

$$\frac{\partial(hv)}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial y} \left( hv^2 + \frac{gh^2}{2} \right) + \frac{\partial(huv)}{\partial x} = S_{0y} - S_{fy} + q_{1D}v_{1d}$$

Dove:

h è l'altezza d'acqua;

u e v sono le velocità nelle direzioni x ed y;

S<sub>0x</sub> e S<sub>0y</sub> sono le perdite di carico per effetto dell'attrito nelle direzioni x ed y;

q<sub>1D</sub> è la portata di transito per unità di superficie;

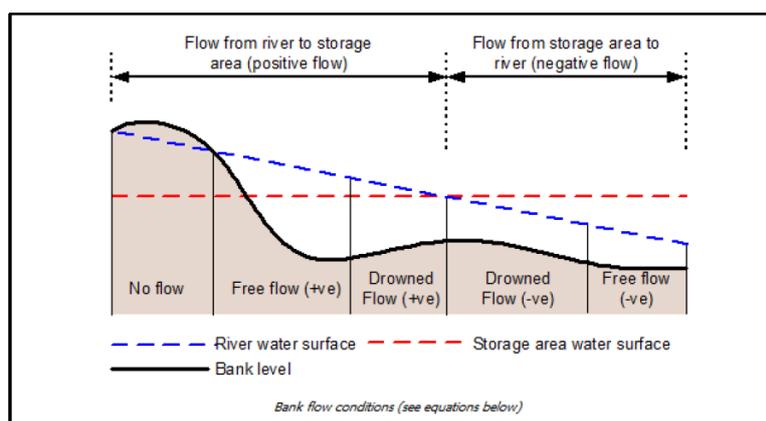
u<sub>1D</sub> e v<sub>1D</sub> sono le componenti di velocità della portata di transito nelle direzioni x ed y.

La formulazione conservativa delle SWE è essenziale al fine di preservare le grandezze fondamentali di base, di massa e di quantità di moto. Questo tipo di formulazione permette la rappresentazione di discontinuità di flusso e cambiamenti tra portata gradualmente variata e rapidamente variata.

Il modulo 2D adotta una discretizzazione ai volumi finiti utilizzando elementi di controllo per rappresentare l'area di studio e utilizzando uno schema esplicito del primo ordine per la discretizzazione temporale. Con il metodo dei volumi finiti, il dominio di modellazione è diviso in forme geometriche su cui le SWE vengono integrate per poter definire equazioni in termini di flussi attraverso i confini dell'elemento di controllo.

Il modello idraulico Infoworks ICM combina la modellazione monodimensionale (1D) in alveo alla modellazione bidimensionale nelle aree inondabili adiacenti all'alveo comprese nell'area modellata con magliatura variabile triangolare (2D zone).

L'interfaccia tra alveo e zona 2D è costituita da connessioni spondali dette "bank lines". Ciascun tratto fluviale può essere collegato lateralmente ad altri tratti fluviali, a casse d'espansione (storage areas) o a zone 2D ed il flusso dal corso d'acqua può essere in uscita dall'alveo o di rientro in alveo. Il flusso attraverso le sponde è modellato analogamente allo sfioratore laterale a funzionamento libero o rigurgitato in funzione dei livelli idrici presenti in alveo e dai tiranti presenti nella zona 2D.



Schema di calcolo del flusso attraverso le linee di sponda nel modello idraulico Infoworks ICM. L'equazione di base dello stramazzone in parete grossa implementata nel modello idraulico per il calcolo del flusso attraverso le linee di sponda è:

$$Q = C_d b h^{1.5}$$

Il termine  $C_d$  rappresenta il coefficiente di efflusso variabile da 1.7 a 1.85 (nella formulazione implementata nel modello Infoworks ICM il coefficiente di deflusso è di tipo anglosassone quindi moltiplicato per il fattore  $\sqrt{2g}$ ). Il valore del coefficiente di deflusso  $C_d$  deve essere ridotto se, anziché avere il deflusso da strutture in calcestruzzo, si ha deflusso su strutture arginali in sponde naturali. Per modellare il flusso attraverso linee di sponda di tipo naturale risulta opportuno assumere valori pari o inferiori a 1 che consentono di considerare le perdite di carico indotte dall'attrito sopra la linea spondale.

Approccio numerico alla componente 1D

Il moto idraulico all'interno degli elementi monodimensionali che lavorano a pelo libero (sia le tratte fluviali aperte o tubazioni) vengono risolte con l'integrazione delle equazioni di De Saint Venant (conservazione del momento e della massa).

Le equazioni sono le seguenti:

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = 0$$
$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial \left( \frac{Q^2}{A} \right)}{\partial x} + gA \frac{\partial H}{\partial x} + gAS_f = 0$$

dove:

- A area bagnata del condotto;
- Q portata;
- x distanza lungo l'asse del condotto;
- t tempo;
- g costante gravitazionale;
- H carico idraulico totale dato da z+h;
- z quota dello scorrimento;
- h livello idrico;
- Sf cadente piezometrica.

In particolare, la prima è l'equazione di continuità in moto vario in assenza di afflussi e deflussi laterali, la seconda è l'equazione del momento della quantità di moto; quest'ultima può essere scritta in più forme, in funzione della scelta delle variabili dipendenti. La cadente piezometrica viene computata con varie possibili metodologie (a scelta dell'utente): in InfoWorks sono infatti disponibili le equazioni di Colebrook- White, Manning e Strickler.

Per poter essere integrate queste equazioni devono essere opportunamente semplificate e linearizzate in modo tale che il sistema di equazioni possa essere risolto con la teoria delle matrici. Lo schema di linearizzazione usato da InfoWorks è quello dei 4 punti di Priessmann mentre il risolutore adottato è quello di Newton-Raphson.

Le equazioni di cui sopra sono valide fino a quando il condotto non entra in pressione, per permettere a InfoWorks di simulare anche situazioni di condotte in pressione (senza problemi nella transizione da uno stato all'altro) il motore di calcolo adotta la tecnica dello slot per il quale si ipotizza la presenza di una piccola fessura alla sommità della condotta e fino al piano campagna. Così facendo il motore di calcolo non incontra nessuna discontinuità nella transizione da moto da gravità a quello in pressione (per tubi in cui invece permane costantemente il moto in pressione, come le condotte di mandate presenti nel modello, è possibile utilizzare un sistema di equazioni più appropriato che elimina l'artificio dello slot).

L'applicabilità di questo metodo di soluzione è stato testato in centinaia di studi e applicazioni anche con riscontri di misure idrometriche ottenuti su dei bacini sperimentali.

Ci sono alcune limitazioni sull'utilizzo di questo approccio sono:

- i risultati sono semplificati per elementi molto pendenti e per le quali comunque InfoWorks produce dei risultati comunque vicini alla realtà;
- il risalto idraulico (ovvero quella discontinuità che si nota nei profili di rigurgito dove un tubo molto pendente incontra un tubo a bassa pendenza per cui l'acqua forma un vero e proprio sovrizzo improvviso) non viene rappresentato in modo preciso ma il passaggio da corrente veloce a lenta viene computato su una certa distanza (qualche metro a seconda della geometria della situazione reale).

Si noti che la metodologia di calcolo a moto vario è in grado di tener conto anche dei volumi in gioco e quindi di tener conto delle attenuazioni dell'onda di piena quando questa riempie dei volumi disponibili in alveo o in vere e proprie vasche di espansione opportunamente rappresentate nel modello.

#### Produzione della magliatura 2D

All'interno del software sono presenti tutti gli strumenti necessari per costruire la magliatura dei domini 2D da simulare. Si possono prevedere diversi gradi di dettaglio per varie zone con opportuni raffinamenti del dominio, impostare diverse zone di scabrezza, fissare delle breakline, definire ostacoli poligonali e lineari (edifici, muri, ecc.). Il processo di magliatura tiene conto di questi vincoli e, se lo si desidera, è in grado di produrre una magliatura dipendente dalla conformazione morfologica del terreno. Laddove il terreno risulta più pendente viene infittita la maglia per assicurarsi che i triangoli non abbiano i vertici con differenze di quota superiori ad un termine fissato dall'utente.

#### Collegamento 1D-2D

Il modello di simulazione consente un immediato collegamento di diverse componenti di modello 1D e bidimensionale. Si possono utilizzare per esempi:

- linee spondali: rappresentano un confine ideale tra l'alveo inciso modellato con elementi 1D e la golena rappresentata da un dominio 2D, le linee spondali vengono rappresentate con delle polilinee per le quali viene definita una quota Z variabile sul suo percorso. Le linee spondali sono utilizzate essenzialmente come sfiori laterali tra alveo inciso e zona di golena 2D;
- sfiori frontali: si utilizzano quando si desidera interrompere un modello 1D di un fiume e trasferire tutto l'idrogramma di portata sul dominio 2D (o viceversa);

- nodi: sono degli elementi puntiformi dove può avvenire lo scambio di portata tra 1D e 2D, per esempio questa tecnica è appropriata quando si rappresentano le esondazioni provenienti dai pozzetti di fognatura su un dominio bidimensionale.

Tempi di calcolo e dimensione del modello

Il software consente di eseguire calcoli e ottenere risultati in tempi rapidi.

Mentre la componente 1D sui moderni processori consente dei tempi di simulazione irrisori (pochi secondi per modellare una rete di 1,000 nodi per una ventata di 4 ore di durata) la componente bidimensionale può necessitare di tempi d'attesa più lunghi in funzione del numero di triangoli e dalle condizioni di moto del dominio. Su dei processori Core i7 ci si può attendere che una simulazione di 10,000 triangoli di un evento reale di 60 minuti possa necessitare qualche minuto per essere computata. Il motore di calcolo 2D è stato testato su domini di calcolo con oltre 5 milioni di triangoli ma per queste ampiezze di dominio si consiglia di dotarsi di specifica GPU (hardware non sempre presente in classici Desktop e molto raramente in Laptop) che accelerano i tempi di calcolo di 30-50 volte rispetto ai normali processori consentendo quindi tempi computazionali molto ridotti (ordine di decine di minuti) per domini 2D di centinaia di migliaia di triangoli.

## **ALLEGATO 3: TABELLA DELLE INTERFERENZE E DELLE DEVIAZIONI**

TABELLA INTERFERENZE DEL RETICOLO IDROGRAFICO ED IRRIGUO CON SISTEMA TANGENZIALE DI LUCCA

| Numero Interferenza | Asse Stradale | Progressiva interferenza   | Tipo interferenza           | Reticolo gestione L.R. n° 79/2012<br>(fonte dati geoportale RT <a href="http://geoportale.lamma.rete.toscana.it/reticolo_enti_gestori/">http://geoportale.lamma.rete.toscana.it/reticolo_enti_gestori/</a> ) |   |              |                     |             |                |             |                                 | Funzione      | Comune                                 | ID eventuale Deviazione Prevista                             | Eventuale Opera di attraversamento prevista                  | Asse e progressiva eventuale nuova opera di attraversamento del canale deviato |
|---------------------|---------------|--|-----------------------------|--|---|--------------|---------------------|-------------|----------------|-------------|---------------------------------|---------------|--|--|--|--|
|                     |               |  |                             | Idretr79   | Nome/Alias  | Complr79     | Retidlr79           | Retgestlr79 | Desretr79      | CI 523/1904 | GC_01_02                        |               |  |  |  |  |
| IN1                 | Nord - Sud    | 0 + 0.00   | intersezione                | TN35926  | CANALE PONTECANALE (nome indicato da AdB Serchio)         | Toscana Nord | NO (ALTRO RETICOLO) | SI          | CANALE IRRIGUO | NC          | Genio Civile Toscana Nord       | Irrigazione   | Lucca/Capannori                        | DV01 (Canale rett. 1.20x1.20m)                               | Cavalcaferrovia Lucca-Aulla                                  | NS   |
| IN1a                |               |  |                             |  |   |              |                     |             |                |             |                                 |               |  |  | TS2-05 (Tombino scatolare 2x1.00x1.00 m)                     | NS-AC02 pr. 0+073  |
| IN2                 | Nord - Sud    | 0 + 375  | intersezione                | TN35991  | -   | Toscana Nord | NO (ALTRO RETICOLO) | SI          | CANALE IRRIGUO | NC          | Genio Civile Toscana Nord       | Irrigazione   | Lucca                                  | DV02 (Canale rett. 0.50x0.60m)                               | TS1-01 (Tombino scat. 4.00x3.00 m)                           | NS pr. 0+381.50  |
| IN3                 | Nord - Sud    | 0 + 570  | intersezione                | -  | -   | -            | -                   | -           | -              | -           | -                               | scolina/fosso | -                                      | -  | nessun attraversamento, previsto raccordo a fosso di guardia | -  |
| IN4                 | Nord - Sud    | 0 + 675  | intersezione                | TN36859  | CANALE MOLINA (nome indicato da AdB Serchio)              | Toscana Nord | NO (ALTRO RETICOLO) | SI          | CANALE IRRIGUO | NC          | Genio Civile Toscana Nord       | Irrigazione   | Lucca                                  | DV03 (Canale trapezio 0.50x0.80x0.50m)                       | TS1-02 (Tombino scat. 4.00x3.00 m)                           | NS pr. 0+649.95  |
| IN5                 | Nord - Sud    | 0 + 852  | intersezione                | TN36373  | -   | Toscana Nord | NO (ALTRO RETICOLO) | SI          | CANALE IRRIGUO | NC          | Genio Civile Toscana Nord       | Irrigazione   | Lucca                                  | -  | Cavalcavia dell'Acqua Calda                                  | NS pr. 0+852   |
| IN6                 | Nord - Sud    | 0 + 865  | intersezione                | TN36333  | -   | Toscana Nord | NO (ALTRO RETICOLO) | SI          | CANALE IRRIGUO | NC          | Genio Civile Toscana Nord       | Irrigazione   | Lucca                                  | -  | Cavalcavia dell'Acqua Calda                                  | NS pr. 0+865   |
| IN7                 | Nord - Sud    | 0 + 910  | intersezione                | TN36316  | -   | Toscana Nord | NO (ALTRO RETICOLO) | SI          | CANALE IRRIGUO | NC          | Genio Civile Toscana Nord       | Irrigazione   | Lucca                                  | -  | Cavalcavia dell'Acqua Calda                                  | NS pr. 0+910   |
| IN8                 | Nord - Sud    | 0 + 950  | intersezione                | TN36315  | CONDOTTO PUBBLICO   | Toscana Nord | NO (ALTRO RETICOLO) | SI          | CANALE IRRIGUO | NC          | Genio Civile Toscana Nord       | Irrigazione   | Lucca                                  | -  | Cavalcavia dell'Acqua Calda                                  | NS pr. 0+950   |
| IN9                 | Nord - Sud    | 1 + 075  | intersezione                | TN36405  | -   | Toscana Nord | NO (ALTRO RETICOLO) | SI          | CANALE IRRIGUO | NC          | Genio Civile Toscana Nord       | Irrigazione   | Lucca                                  | DV04 (canale rett. 0.70x0.70m)                               | Cavalcavia dell'Acqua Calda                                  | NS pr. 1+039   |
| IN10                | Nord - Sud    | 1 + 140 - 1 + 270  | intersezione                | TN36438  | -   | Toscana Nord | NO (ALTRO RETICOLO) | SI          | CANALE IRRIGUO | NC          | Genio Civile Toscana Nord       | Irrigazione   | Lucca                                  | DV05(tubazione sn800 cls)                                    | passaggio esterno al corpo stradale                          | -  |
| IN11                | Nord - Sud    | 1 + 270 - 1 + 340  | intersezione e parallelismo | TN36589  | CANALE FANUCCIO (nome indicato da AdB Serchio)            | Toscana Nord | NO (ALTRO RETICOLO) | SI          | CANALE IRRIGUO | NC          | Genio Civile Toscana Nord       | Irrigazione   | Lucca                                  | DV06 (canale rett. 2.30x1.00m)                               | TS1-03 (Tombino scat. 5.00x3.00 m)                           | NS pr. 1+274.71  |
| IN12                | Nord - Sud    | 1 + 530 asse p Accesso NS-AC04 e viabilità locale Via Tognetti         | intersezione                | TN36588  | -   | Toscana Nord | NO (ALTRO RETICOLO) | SI          | CANALE IRRIGUO | NC          | Genio Civile Toscana Nord       | Irrigazione   | Lucca                                  | DV07 (canale rett. 0.80x0.80)                                | tubazione DN800  | Via Tognetti NS-VL03   |
|                     |               |  |                             |  |   |              |                     |             |                |             |                                 |               |  |  | Sottovia Scatolare 10.0x6.50 alla pr. 1+524.36               | NS   |
|                     |               |  |                             |  |   |              |                     |             |                |             |                                 |               |  |  | tubazione DN800  | NS-VL04  |
| IN13                | Nord - Sud    | 1 + 696  | intersezione                | TN36758  | -   | Toscana Nord | NO (ALTRO RETICOLO) | SI          | CANALE IRRIGUO | NC          | Genio Civile Toscana Nord       | Irrigazione   | Lucca                                  | DV08 (canale trapezio)                                       | TS1-04 (Tombino scat. 4.00x3.00 m)                           | NS pr. 1+706.13  |
| IN13a               | Nord - Sud    | 1 + 809.7  | intersezione                | -  | -   | -            | -                   | -           | -              | -           | -                               | scolina       | DV09 (canale trapezio 0.50x0.50x0.50m) | TC1-01 (Tombino circolare DN1500)                            | NS pr. 1+790.77  |  |
| IN14                | Nord - Sud    | 2 + 800  | intersezione                | -  | -   | -            | -                   | -           | -              | -           | -                               | scolina       | -                                      | nessun attraversamento, previsto raccordo a fosso di guardia | -  |  |
| IN15                | Nord - Sud    | 2 + 868.5  | intersezione                | TN37224  | -   | Toscana Nord | NO (ALTRO RETICOLO) | SI          | CANALE IRRIGUO | NC          | Genio Civile Valdarno Inferiore | Irrigazione   | Capannori                              | DV10 (canale trapezio 0.50x0.50x0.50m)                       | TS1-05 (Tombino scat. 4.00x3.00)                             | NS pr. 2+901.25  |
| IN16                | Nord - Sud    | 3 + 245  | intersezione                | -  | -   | -            | -                   | -           | -              | -           | -                               | scolina/fosso | -                                      | TC1-02 (Tombino circolare DN1500)                            | NS pr. 3+244.34  |  |
| IN17                | Nord - Sud    | 3 + 500  | intersezione                | -  | -   | -            | -                   | -           | -              | -           | -                               | scolina/fosso | -                                      | nessun attraversamento, previsto raccordo a fosso di guardia | -  |  |
| IN18                | Nord - Sud    | 3+634.6  | intersezione                | -  | -   | -            | -                   | -           | -              | -           | -                               | scolina/fosso | DV11 (canale trapezio 0.50x0.50x0.50m) | TS2-01 (Tombino scat. 2x1.00x1.00 m)                         | NS pr. 3+634.50  |  |
| IN19                | Nord - Sud    | 3 + 812.2  | intersezione                | TN37767  | -   | Toscana Nord | NO (ALTRO RETICOLO) | SI          | CANALE IRRIGUO | NC          | Genio Civile Toscana Nord       | Irrigazione   | Lucca                                  | -  | TS2-02 (Tombino scat. 2x1.00x1.00 m)                         | NS pr. 3+811.53  |
| IN20                | Nord - Sud    | tra 3 + 900 e 3 + 980  | intersezione e parallelismo | TN37767  | -   | Toscana Nord | NO (ALTRO RETICOLO) | SI          | CANALE IRRIGUO | NC          | Genio Civile Toscana Nord       | Irrigazione   | Lucca                                  | DV12(tubazione dn800 cls)                                    | passaggio esterno al corpo stradale                          | -  |
| IN21                | Nord - Sud    | ROTATORIA PESCIATINA   | intersezione                | TN37767  | -   | Toscana Nord | NO (ALTRO RETICOLO) | SI          | CANALE IRRIGUO | NC          | Genio Civile Toscana Nord       | Irrigazione   | Lucca                                  | DV13 (canale rett. 0.50x0.60m)                               | passaggio esterno al corpo stradale                          | -  |
| IN22                | Nord - Sud    | ROTATORIA PESCIATINA - VIA PESCIATINA INNESTO NORD (NS-VL10/ciglio sx) | parallelismo                | TN37766  | -   | Toscana Nord | NO (ALTRO RETICOLO) | SI          | CANALE IRRIGUO | NC          | Genio Civile Toscana Nord       | Irrigazione   | Lucca                                  |  | passaggio esterno al corpo stradale                          | -  |
| IN23                | Nord - Sud    | ROTATORIA PESCIATINA - VIA PESCIATINA INNESTO NORD (NS-VL10/ciglio dx) | parallelismo                | TN37776  | -   | Toscana Nord | NO (ALTRO RETICOLO) | SI          | CANALE IRRIGUO | NC          | Genio Civile Toscana Nord       | Irrigazione   | Lucca                                  | DV14 (canale rett. 0.50x0.60m)                               | passaggio esterno al corpo stradale                          | -  |
| IN24                | Nord - Sud    | ROTATORIA PESCIATINA - VIA PESCIATINA INNESTO SUD (NS-VL10/ciglio dx)  | parallelismo                | TN37776  | -   | Toscana Nord | NO (ALTRO RETICOLO) | SI          | CANALE IRRIGUO | NC          | Genio Civile Toscana Nord       | Irrigazione   | Lucca                                  |  | passaggio esterno al corpo stradale                          | -  |
| IN25                | Nord - Sud    | ROTATORIA PESCIATINA 4 + 076.5   | intersezione                | TN37776  | -   | Toscana Nord | NO (ALTRO RETICOLO) | SI          | CANALE IRRIGUO | NC          | Genio Civile Toscana Nord       | Irrigazione   | Lucca                                  |  | TS2-03 (Tombino scat. 2x1.00x1.00 m)                         | NS pr. 4+145.35  |
| IN26                | Nord - Sud    | 4 + 466  | intersezione                | TN37997  | CANALE FANUCCIO DI LEVANTE (nome indicato da AdB Serchio) | Toscana Nord | NO (ALTRO RETICOLO) | SI          | CANALE IRRIGUO | NC          | Genio Civile Toscana Nord       | Irrigazione   | Lucca                                  | DV15   | passaggio esterno al corpo stradale                          | -  |

TABELLA INTERFERENZE DEL RETICOLO IDROGRAFICO ED IRRIGUO CON SISTEMA TANGENZIALE DI LUCCA

| Numero Interferenza | Asse Stradale              | Progressiva interferenza                          | Tipo interferenza           | Reticolo gestione L.R. n° 79/2012<br>(fonte dati geoportale RT <a href="http://geoportale.lamma.rete.toscana.it/reticolo_enti_gestori/">http://geoportale.lamma.rete.toscana.it/reticolo_enti_gestori/</a> ) |  |              |                     |             |                |             |  | Funzione    | Comune          | ID eventuale Deviazione Prevista         | Eventuale Opera di attraversamento prevista                                     | Asse e progressiva eventuale nuova opera di attraversamento del canale deviato |
|---------------------|----------------------------|---|-----------------------------|--|--|--------------|---------------------|-------------|----------------|-------------|--|-------------|-----------------|--|---|--|
|                     |                            |   |                             | Idretr79   | Nome/Alias   | Complr79     | Retidir79           | Retgestlr79 | Desretr79      | CI 523/1904 | GC_01_02                                       |             |                 |  |   |  |
| IN27                | Nord - Sud                 | 4 + 525   | intersezione                | TN37997  | CANALE FANUCCIO DI LEVANTE (nome inicato da AdB Serchio) | Toscana Nord | NO (ALTRO RETICOLO) | SI          | CANALE IRRIGUO | NC          | Genio Civile Toscana Nord                      | Irrigazione | Lucca           | (canale rett. 1.0x1.0m)                  | passaggio esterno al corpo stradale   |  |
| IN28                | Nord - Sud                 | 4 + 610   | intersezione                | TN37998  | -  | Toscana Nord | NO (ALTRO RETICOLO) | SI          | CANALE IRRIGUO | NC          | Genio Civile Toscana Nord                      | Irrigazione | Lucca           | DV16 (canale trapezio 0.50x0.50x0.50 m)  | TS1-06 (Tombino scat. 4.0x3.0 m)  | NS pr. 4+563.10  |
| IN29                | Intersezione di Antraccoli | ROTATORIA EST ANTRACCOLI                          | intersezione                | TN38483  | CANALE OZZORETTO   | Toscana Nord | SI                  | SI          | -              | NC          | Genio Civile Valdarno Inferiore e Toscana Nord | -           | Lucca/Capannori | DV16a (canale trapezio 3.0x3.0x h=2.70m) | attraversamento Canale Ozzoretto (ponticello + tratto a cielo aperto - B=15.0m) | Rotatoria Antraccoli   |
| IN30                | Intersezione di Antraccoli | ROTATORIA EST ANTRACCOLI                          | intersezione                | TN43397  | CANALE OZZORETTO   | Toscana Nord | TOMBATO             | NO          | TRATTO TOMBATO | NC          | Genio Civile Valdarno Inferiore e Toscana Nord | -           | Lucca/Capannori |  |   |  |
| IN31                | Intersezione di Antraccoli | ROTATORIA EST ANTRACCOLI                          | intersezione                | TN38513  | CANALE OZZORETTO   | Toscana Nord | SI                  | SI          | -              | NC          | Genio Civile Valdarno Inferiore e Toscana Nord | -           | Lucca/Capannori |  |   |  |
| IN32                | Intersezione di Antraccoli | Via della Madonnina                               | intersezione                | TN38543  | CANALE OZZORETTO   | Toscana Nord | SI                  | SI          | -              | NC          | Genio Civile Valdarno Inferiore e Toscana Nord | -           | Lucca/Capannori | DV16b (canale trapezio 3.0x3.0x h=2.70m) | ttaversamento Canale Ozzoretto (tombino 10.0x2.60m)                             | OE Tratto 1 (Via Madonnina) pr. 0+131.50                                       |
| IN33                | Ovest - Est                | 0 + 338   | intersezione                | TN38652  | CANALE OZZORETTO   | Toscana Nord | SI                  | SI          | -              | NC          | Genio Civile Valdarno Inferiore e Toscana Nord | -           | Lucca/Capannori | -  | Viadotto Ozzoretto  | OE - Tratto 2 pr. 0+338  |
| IN34                | Ovest - Est                | 0 + 490   | intersezione                | TN38653  | -  | Toscana Nord | NO (ALTRO RETICOLO) | SI          | CANALE IRRIGUO | NC          | Genio Civile Toscana Nord                      | Irrigazione | Lucca           | -  | Viadotto Ozzoretto  | OE - Tratto 2 pr. 0+490  |
| IN34a               | Ovest - Est                | 0+711.2   | intersezione                | -  | -  | -            | -                   | -           | -              | -           | -  | scolina     | Lucca           | -  | TC1-04 (Tombino circolare DN1500)   | OE - tratto 2 pr. 0+711.2  |
|                     |                            |   |                             |  |  |              |                     |             |                |             |  |             |                 |  | TC3-01 (Tombino circolare DN800)  | OE-VP02 pr. 0+407.4  |
| IN34b               | Ovest - Est                | 0+753.63  | intersezione                | -  | -  | -            | -                   | -           | -              | -           | -  | scolina     | Lucca           | -  | TC1-05 (Tombino circolare DN1500)   | OE - tratto 2 pr. 0+753.63   |
|                     |                            |   |                             |  |  |              |                     |             |                |             |  |             |                 |  | TC3-02 (Tombino circolare DN800)  | OE-VP02 pr. 0+450.0  |
| IN34c               | Ovest - Est                | 0+782.07  | intersezione                | -  | -  | -            | -                   | -           | -              | -           | -  | scolina     | Lucca           | -  | nessun attraversamento, previsto raccordo a fosso di guardia                    | -  |
| IN35                | Ovest - Est                | 0 + 902   | intersezione                | TN38594  | -  | Toscana Nord | NO (ALTRO RETICOLO) | SI          | CANALE IRRIGUO | NC          | Genio Civile Toscana Nord                      | Irrigazione | Lucca           | -  | TS2-04 (Tombino scat. 2x1.00x1.00 m)  | OE - tratto 2 pr. 0+902.20   |
|                     |                            |   |                             |  |  |              |                     |             |                |             |  |             |                 |  | TC2-01 (Tombino circolare DN1000)   | OE-VP02 pr. 0+600  |
| IN35a               | Ovest - Est                | 0+946   | intersezione                | -  | -  | -            | -                   | -           | -              | -           | -  | scolina     | Lucca           | -  | TC3-03 (Tombino circolare DN800)  | OE - tratto 2 pr. 0+946  |
| IN36                | Ovest - Est                | 1 + 032   | intersezione                | TN38677  | -  | Toscana Nord | NO (ALTRO RETICOLO) | SI          | CANALE IRRIGUO | NC          | Genio Civile Toscana Nord                      | Irrigazione | Lucca           | -  | TC3-04 (Tombino circolare DN800)  | OE - tratto 2 pr. 1+032  |
| IN37                | Ovest - Est                | 1 + 307   | intersezione                | TN38679  | -  | Toscana Nord | NO (ALTRO RETICOLO) | SI          | CANALE IRRIGUO | NC          | Genio Civile Toscana Nord                      | Irrigazione | Lucca           | -  | TC3-05 (Tombino circolare DN800)  | OE - tratto 2 pr. 1+305.5  |
| IN37a               | Ovest - Est                | 1+352.6   | intersezione                | -  | -  | -            | -                   | -           | -              | -           | -  | scolina     | Lucca           | -  | TC3-06 (Tombino circolare DN800)  | OE - tratto 2 pr. 1+352.6  |
| IN37b               | Ovest - Est                | 1+367   | intersezione                | -  | -  | -            | -                   | -           | -              | -           | -  | scolina     | Lucca           | -  | TC4-01 (Tombino circolare DN600)  | OE - tratto 2 pr. 1+367  |
| IN37c               | Ovest - Est                | 1+391.5   | intersezione                | -  | -  | -            | -                   | -           | -              | -           | -  | scolina     | Lucca           | -  | TC4-02 (Tombino circolare DN600)  | OE - tratto 2 pr. 1+391.5  |
| IN37d               | Ovest - Est                | 1+406   | intersezione                | -  | -  | -            | -                   | -           | -              | -           | -  | scolina     | Lucca           | -  | TC4-03 (Tombino circolare DN600)  | OE - tratto 2 pr. 1+406  |
| IN38                | asse Ospedale San Luca     | sez. 4  | intersezione e parallelismo | TN38523  | -  | Toscana Nord | NO (ALTRO RETICOLO) | SI          | CANALE IRRIGUO | NC          | Genio Civile Toscana Nord                      | Irrigazione | Lucca           | -  | TS2-05 (Tombino scat. 2x1.00x1.00 m)  | Rot. San Luca Ovest pr. 0+65.7   |
| IN39                | Est - Ovest                | tra rot. Est antraccoli e 0 + 075, lato ciglio dx | parallelismo                | TN38527  | -  | Toscana Nord | NO (ALTRO RETICOLO) | NO          | -              | NC          | Genio Civile Valdarno Inferiore                | -           | Capannori       | -  | attraversamento non rilevato  | EO   |
| IN40                | Est - Ovest                | 0 + 075   | intersezione                | TN38621  | -  | Toscana Nord | NO (ALTRO RETICOLO) | NO          | -              | NC          | Genio Civile Valdarno Inferiore                | -           | Capannori       | -  | attraversamento non rilevato  | EO   |
| IN41                | Est - Ovest                | 0 + 082   | intersezione                | TN38590  | -  | Toscana Nord | NO (ALTRO RETICOLO) | NO          | -              | NC          | Genio Civile Valdarno Inferiore                | -           | Capannori       | -  | attraversamento non rilevato  | EO   |
| IN42                | Est - Ovest                | 0 + 250   | intersezione                | TN38738  | -  | Toscana Nord | NO (ALTRO RETICOLO) | NO          | -              | NC          | Genio Civile Valdarno Inferiore                | -           | Capannori       | -  | attraversamento non rilevato  | EO   |
| IN43                | Est - Ovest                | 0 + 335   | intersezione                | TN38738  | -  | Toscana Nord | NO (ALTRO RETICOLO) | NO          | -              | NC          | Genio Civile Valdarno Inferiore                | -           | Capannori       | -  | attraversamento non rilevato  | EO   |
| IN44                | Est - Ovest                | 1 + 038   | intersezione                | TN38889  | -  | Toscana Nord | NO (ALTRO RETICOLO) | NO          | -              | NC          | Genio Civile Valdarno Inferiore                | -           | Capannori       | -  | attraversamento non rilevato  | EO   |
| IN45                | Est - Ovest                | 1 + 217   | intersezione                | TN38774  | -  | Toscana Nord | NO (ALTRO RETICOLO) | NO          | -              | NC          | Genio Civile Valdarno Inferiore                | -           | Capannori       | -  | resta attuale attraversamento   | EO   |
| IN46                | Est - Ovest                | 1 + 394   | intersezione                | TN38773  | -  | Toscana Nord | NO (ALTRO RETICOLO) | NO          | -              | NC          | Genio Civile Valdarno Inferiore                | -           | Capannori       | -  | attraversamento non rilevato  | EO   |
| IN47                | Est - Ovest                | 1 + 627   | intersezione                | TN38847  | -  | Toscana Nord | NO (ALTRO RETICOLO) | NO          | -              | NC          | Genio Civile Valdarno Inferiore                | -           | Capannori       | -  | attraversamento non rilevato  | EO   |

**TABELLA INTERFERENZE DEL RETICOLO IDROGRAFICO ED IRRIGUO CON SISTEMA TANGENZIALE DI LUCCA**

| Numero Interferenza | Asse Stradale | Progressiva interferenza         | Tipo interferenza | Reticolo gestione L.R. n° 79/2012<br>(fonte dati geoportale RT <a href="http://geoportale.lamma.rete.toscana.it/reticolo_enti_gestori/">http://geoportale.lamma.rete.toscana.it/reticolo_enti_gestori/</a> ) |   |              |                     |             |                |             |                                 | Funzione | Comune    | ID eventuale Deviazione Prevista          | Eventuale Opera di attraversamento prevista           | Asse e progressiva eventuale nuova opera di attraversamento del canale deviato |
|---------------------|---------------|----------------------------------|-------------------|--|---|--------------|---------------------|-------------|----------------|-------------|---------------------------------|----------|-----------|---|---|--|
|                     |               |                                  |                   | Idretr79   | Nome/Alias                                      | Complr79     | Retidlr79           | Retgestlr79 | Desretr79      | CI 523/1904 | GC_01_02                        |          |           |   |   |  |
| IN48                | Est - Ovest   | 1 + 787                          | intersezione      | TN38754  | -   | Toscana Nord | NO (ALTRO RETICOLO) | NO          | -              | NC          | Genio Civile Valdarno Inferiore | -        | Capannori | -   | attraversamento non rilevato                          | EO   |
| IN49                | Est - Ovest   | 1 + 801                          | intersezione      | TN38723  | -   | Toscana Nord | NO (ALTRO RETICOLO) | NO          | -              | NC          | Genio Civile Valdarno Inferiore | -        | Capannori | -   | attraversamento non rilevato                          | EO   |
| IN50                | Est - Ovest   | 2 + 003                          | intersezione      | TN38722  | -   | Toscana Nord | NO (ALTRO RETICOLO) | NO          | -              | NC          | Genio Civile Valdarno Inferiore | -        | Capannori | -   | attraversamento non rilevato                          | EO   |
| IN51                | Est - Ovest   | 2 + 067                          | intersezione      | TN38637  | -   | Toscana Nord | NO (ALTRO RETICOLO) | NO          | -              | NC          | Genio Civile Valdarno Inferiore | -        | Capannori | -   | resta attuale attraversamento                         | EO   |
| IN52                | Est - Ovest   | 2 + 168.5                        | intersezione      | TN38636  | -   | Toscana Nord | NO (ALTRO RETICOLO) | NO          | -              | NC          | Genio Civile Valdarno Inferiore | -        | Capannori | -   | resta attuale attraversamento                         | EO   |
| IN53                | Est - Ovest   | tra 2+890 e 2+560 lato ciglio sx | parallelismo      | TN38460  | -   | Toscana Nord | NO (ALTRO RETICOLO) | NO          | -              | NC          | Genio Civile Valdarno Inferiore | -        | Capannori | DV17<br>(canael trapezio 1.50x1.50x1.50m) | adeguamento canale                                    | -  |
| IN54                | Est - Ovest   | 2 + 962                          | intersezione      | TN38609  | RIO ARPINO                                      | Toscana Nord | SI                  | SI          | -              | NC          | Genio Civile Valdarno Inferiore | -        | Capannori | -   | ttraversamento Rio Arpino (tombino 7.00x2.30 m)       | EO pr. 2+975.1   |
| IN55                | Est - Ovest   | 3 + 124 (monte)                  | intersezione      | TN38443  | RIO DEL FRIZZONE (a monte dell'attraversamento) | Toscana Nord | SI                  | SI          | -              | NC          | Genio Civile Valdarno Inferiore | -        | Capannori | -   | ttraversamento Rio del Frizzone (tombino 7.00x2.25 m) | EO pr. 2+975.1   |
| IN56                | Est - Ovest   | 3 + 124 (tratto tombato)         |                   | TN38463  | RIO DEL FRIZZONE                                | Toscana Nord | TOMBATO             | NO          | TRATTO TOMBATO | NC          | Genio Civile Valdarno Inferiore | -        | Capannori |   |   |  |
| IN57                | Est - Ovest   | 3 + 124 (valle)                  |                   | TN38492  | RIO DEL FRIZZONE (a valle dell'attraversamento) | Toscana Nord | SI                  | SI          | -              | NC          | Genio Civile Valdarno Inferiore | -        | Capannori |   |   |  |
| IN58                | Est - Ovest   | A SUD ROTATORIA FRIZZONE 3 + 225 | intersezione      | TN38492  | RIO DEL FRIZZONE                                | Toscana Nord | SI                  | SI          | -              | NC          | Genio Civile Valdarno Inferiore | -        | Capannori | -   | resta attuale attraversamento                         | EO   |
| IN59                | Est - Ovest   | tra 3 + 600 e 4 + 075            | parallelismo      | TN38492  | RIO DEL FRIZZONE (a monte dell'attraversamento) | Toscana Nord | SI                  | SI          | -              | NC          | Genio Civile Valdarno Inferiore | -        | Capannori | DV18                                      | adeguamento canale                                    | -  |

|     |   |  |
|-----|---|--|
| INx |  | <p><b>Reticolo Idrografico:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- tratto facente parte del reticolo idrografico ai sensi della LR 79/2012</li> <li>- tratto oggetto di gestione da parte dei Consorzi di Bonifica</li> </ul>  |
| INx |  | <p><b>Reticolo Irriguo:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- tratto non facente parte del reticolo idrografico ai sensi della LR 79/2012 ma rappresentabile dal punto di vista cartografico</li> <li>- tratto oggetto di gestione da parte dei Consorzi di Bonifica</li> </ul>   |
| INx |  | <p><b>Altro Reticolo:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- tratto non facente parte del reticolo idrografico ai sensi della LR 79/2012 ma rappresentabile dal punto di vista cartografico</li> <li>- tratto non oggetto di gestione da parte dei Consorzi di Bonifica</li> </ul> |
| INx |   | <p><b>Reticolo di scolo caratterizzato da scoline di campo individuate nei rilievi di progetto</b></p>   |
|     |   | <p><b>Interferenza non rilevata (anche se evidenziata nel reticolo regionale)</b></p>  |

Tabella Deviazioni canali interferenti

| ID<br>DEVIAZIONE<br>PREVISTA | N. interferenza<br>(Vedere Tav.<br>T00ID00IDRCI03A) | Asse Stradale<br>di Progetto | Progressiva<br>interferenza su<br>asse di progetto                                       | FUNZIONE      | opera rilevata                                 |  | opera di progetto                  |                   |  |  | Opera di<br>attraversamento  |
|------------------------------|---|------------------------------|--|---------------|--|--|------------------------------------|-------------------|--|--|--|
|                              |   |                              |  |               | tipo e dimensioni                              | lunghezza Tratto<br>interferente<br>da demolire o by-<br>passare | tipo                               | dimensioni        | Sviluppo lineare<br>complessivo<br>(includere opere di<br>attraversamento) | Sviluppo parziale<br>(solo canale a cielo<br>aperto) |  |
|                              |   |                              | (km)   |               |  | (m)  |                                    |                   | (m)  | (m)  |  |
| DV01                         | IN1<br>(Canale Pontecanale)                         | Nord - Sud                   | 0 + 0.00   | Irrigazione   | canale rettangolare cls 1.20x1.00<br>m         | 145  | canale rett. prefabbricato in c.a. | 1.20x1.00 m       | 172  | 161  | Cavalcaferrovia Lucca-<br>Aulla<br>+ Tombino TS2-05<br>(2x1.0x1.0) |
| DV02                         | IN2   | Nord - Sud                   | 0 + 375  | Irrigazione   | canale rettangolare cls 0.50 x<br>0.60 m       | 86   | canale rett. prefabbricato in c.a. | 0.50x0.60 m       | 105  | 74   | tombino TS1-01<br>(4.0x3.0 alla<br>pr.0+381.50)                    |
| DV03                         | IN4<br>(Canale Molina)                              | Nord - Sud                   | 0 + 675  | Irrigazione   | canale trapezio in terra<br>0.80x0.50x0.80 m   | 53   | canale trapezio in terra           | 0.80x0.50x0.80 m  | 72   | 34   | tombino TS1-02<br>(4.0x3.0 alla<br>pr.0+649.95)                    |
| DV04                         | IN9   | Nord - Sud                   | 1 + 075  | Irrigazione   | canale rettangolare cls 0.70 x<br>0.70 m       | 47   | canale rett. prefabbricato in c.a. | 0.70x0.70 m       | 80   | 80   | Cavalcavia dell'Acqua<br>Calda                                     |
| DV05                         | IN10  | Nord - Sud                   | 1 + 140 - 1 + 270  | Irrigazione   | non rilevabile                                 | 143  | da verificare in corso d'opera     | dn800 mm          | 147  | -  | -  |
| DV06                         | IN11<br>(canale Fanuccio)                           | Nord - Sud                   | 1 + 270 - 1 + 340  | Irrigazione   | canale rettangolare cls 2.30 x<br>1.00 m max   | 145  | canale rett. prefabbricato in c.a. | 2.30x1.00 m       | 148  | 135  | tombino TS1-03<br>(5.0x3.0 alla<br>pr.1+274.71)                    |
| DV07                         | IN12  | Nord - Sud                   | 1 + 530 asse p<br>Accesso NS-<br>AC04 e viabilità<br>locale Via<br>Toanetti              | Irrigazione   | canale rettangolare cls 0.50x0.50<br>m         | 161  | canale rett. prefabbricato in c.a. | 0.80x0.80 m       | 158  | -  | -  |
| DV08                         | IN13  | Nord - Sud                   | 1 + 696  | Irrigazione   | canale trapezio B testa = 1.0m,<br>h=1.0m      | 43.5   | canale trapezio in terra           | B=2.00m x h= 1.0m | 61   | 23   | tombino TS1-04<br>(4.0x3.0 alla<br>pr.1+706.13)                    |
| DV09                         | IN13a   | Nord - Sud                   | 1 + 809.7  | scolina/fosso | canale trapezio in terra<br>0.50x0.50x0.50 m   | 47   | canale trapezio in terra           | 0.50x0.50x0.50    | 63   | 34   | tombino TC1-01<br>(DN1500 alla pr.<br>1+790.77)                    |
| DV10                         | IN15  | Nord - Sud                   | 2 + 868.5  | Irrigazione   | canale triangolare/trapezio<br>B=1.50m, h=0.5m | 43   | canale trapezio in terra           | 0.50x0.50x0.50    | 96   | 61   | tombino TS1-05<br>(4.0x3.0 alla<br>pr.2+901.25)                    |
| DV11                         | IN18  | Nord - Sud                   | 3+634.6  | scolina/fosso | canale trapezio in terra<br>0.50x0.50x0.50 m   | 66   | canale trapezio in terra           | 0.50x0.50x0.50    | 67   | 36   | tombino TS2-01<br>(2x1.0x1.0 alla<br>pr.3+634.50)                  |
| DV12                         | IN20  | Nord - Sud                   | tra 3 + 900 e 3 +<br>980   | Irrigazione   | non rilevabile                                 | 115  | da verificare in corso d'opera     | dn800 mm          | 91   | 91   | -  |
| DV13                         | IN21  | Nord - Sud                   | ROTATORIA<br>PESCIATINA  | Irrigazione   | canale rettangolare cls 0.50 x<br>0.60 m       | 60   | canale rett. prefabbricato in c.a. | 0.50x0.60 m       | 40   | 28   | copertura canale con<br>sotto accesso carrabile                    |
|                              | IN22  | Nord - Sud                   | ROTATORIA<br>PESCIATINA -<br>VIA<br>PESCIATINA<br>INNESTO NORD<br>(NS-VL10/ciglio<br>sx) | Irrigazione   |  |  |                                    |                   |  |  |  |

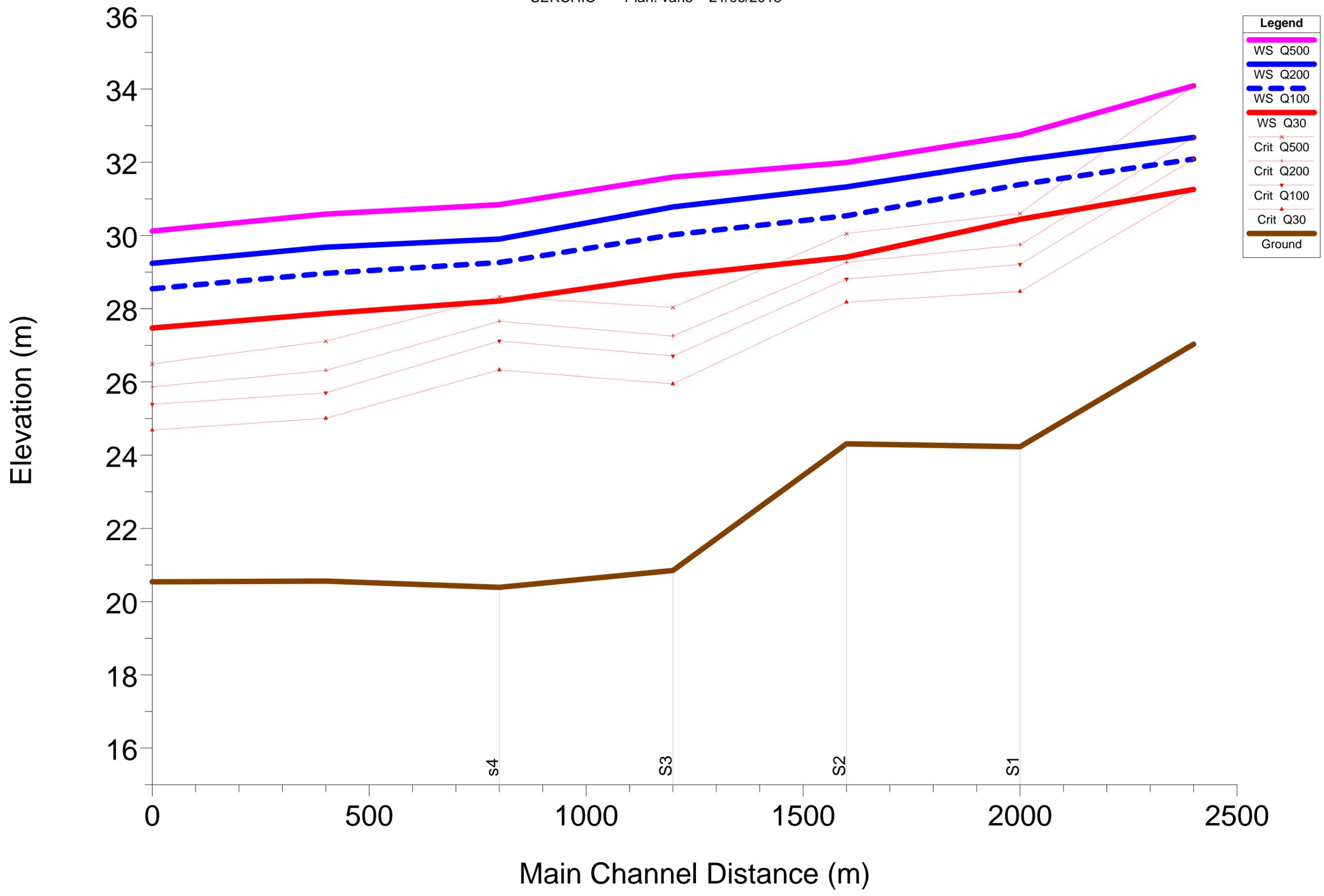
Tabella Deviazioni canali interferenti

| ID<br>DEVIAZIONE<br>PREVISTA | N. interferenza<br>(Vedere Tav.<br>T00ID00IDRCI03A) | Asse Stradale<br>di Progetto    | Progressiva<br>interferenza su<br>asse di progetto<br><br>(km)                           | FUNZIONE              | opera rilevata   |   | opera di progetto                  |                       |  |  | Opera di<br>attraversamento  |
|------------------------------|---|---------------------------------|--|-----------------------|--|---|------------------------------------|-----------------------|--|--|--|
|                              |   |                                 |  |                       | tipo e dimensioni  | lunghezza Tratto<br>interferente<br>da demolire o by-<br>passare<br>(m) | tipo                               | dimensioni            | Sviluppo lineare<br>complessivo<br>(incluse opere di<br>attraversamento) | Sviluppo parziale<br>(solo canale a cielo<br>aperto) |  |
|                              |   |                                 |  |                       |  |   |                                    |                       | (m)  | (m)  |  |
| DV14                         | IN23  | Nord - Sud                      | ROTATORIA<br>PESCIATINA -<br>VIA<br>PESCIATINA<br>INNESTO<br>NORD(NS-<br>VL10/ciglio dx) | Irrigazione           | canale rettangolare cls 0.50 x<br>0.60 m   | 130   | canale rett. prefabbricato in c.a. | 0.50x0.60 m           | 246  | 212  | copertura canale sotto<br>accesso carrabile NS-<br>AC08<br>+<br>tombino TS2-03<br>(2x1.0x1.0 alla pr.<br>4+145.35) |
|                              | IN24  | Nord - Sud                      | ROTATORIA<br>PESCIATINA -<br>VIA<br>PESCIATINA<br>INNESTO SUD<br>(NS-VL10/ciglio<br>dx)  | Irrigazione           |  |   |                                    |                       |  |  |  |
|                              | IN25  | Nord - Sud                      | ROTATORIA<br>PESCIATINA<br>4 + 076.5   | Irrigazione           |  |   |                                    |                       |  |  |  |
| DV15                         | IN26<br>(Canale Fanuccio di<br>Levante)             | Nord - Sud                      | 4 + 466  | Irrigazione           | canale rettangolare cls 1.00x1.00<br>m   | 141   | canale rett. prefabbricato in c.a. | 1.00x1.00 m           | 100  | 100  | -  |
|                              | IN27<br>(Canale Fanuccio di<br>Levante)             | Nord - Sud                      | 4 + 525  | Irrigazione           |  |   |                                    |                       |  |  |  |
| DV16                         | IN28  | Nord - Sud                      | 4 + 610  | Irrigazione           | non rilevabile   | 89  | da verificare in corso d'opera     | 0.50x0.50x0.50        | 117  | 79   | tombino TS1-06<br>(4.00x3.00 alla pr.<br>4+563.10)   |
| DV16a                        | IN29<br>(Canale Ozzoretto)                          | Intersezione di<br>Antraccoli   | ROTATORIA<br>EST<br>ANTRACCOLI   | canale<br>idrografico | canale trapezio  | 132   | canale trapezio in terra           | 3.0x3.0x h=2.70m      | 132  | 89   | attraversamento Canale<br>Ozzoretto<br>(ponticello + tratto a<br>cielo aperto - B=15.0m)                           |
|                              | IN30<br>(Canale Ozzoretto)                          | Intersezione di<br>Antraccoli   | ROTATORIA<br>EST<br>ANTRACCOLI   | canale<br>idrografico | Ponticello con Luce 6.0m, h netta<br>1.80 m  |   |                                    |                       |  |  |  |
|                              | IN31<br>(Canale Ozzoretto)                          | Intersezione di<br>Antraccoli   | ROTATORIA<br>EST<br>ANTRACCOLI   | canale<br>idrografico | canale trapezio  |   |                                    |                       |  |  |  |
| DV16b                        | IN32<br>(Canale Ozzoretto)                          | Intersezione di<br>Antraccoli   | Via della<br>Madonnina   | canale<br>idrografico | canale trapezio  | 75  | canale trapezio in terra           | 3.0x3.0x h=2.70m      | 78   | 57   | traversamento Canale<br>Ozzoretto<br>(tombino 10.0x2.60m)  |
| DV17                         | IN53<br>(Rio Arpino)                                | Est-Ovest<br>(S.P. Romana)      | tra 2+890 e<br>2+560 lato ciglio<br>sx   | canale<br>idrografico | canale trapezio  | 138   | canale trapezio in terra           | 1.50x1.50x1.50        | 146  | 129  | tombino scatolare<br>7.0x2.30 alla pr.<br>2+975.1  |
|                              | IN54<br>(Rio Arpino)                                |                                 | 2 + 962  | canale<br>idrografico | tombino in muratura lato monte,<br>prolungamento con sezione<br>scatolare lato valle |   |                                    |                       |  |  |  |
| DV18                         | IN59<br>(Rio del Frizzone)                          | Est-Ovest (Via<br>del Frizzone) | tra 3 + 270 e<br>3+970   | canale<br>idrografico | canale trapezio  | 720   | canale trapezio in terra           | Base 3.0m, sponde 2/3 | 722  | 722  | -  |

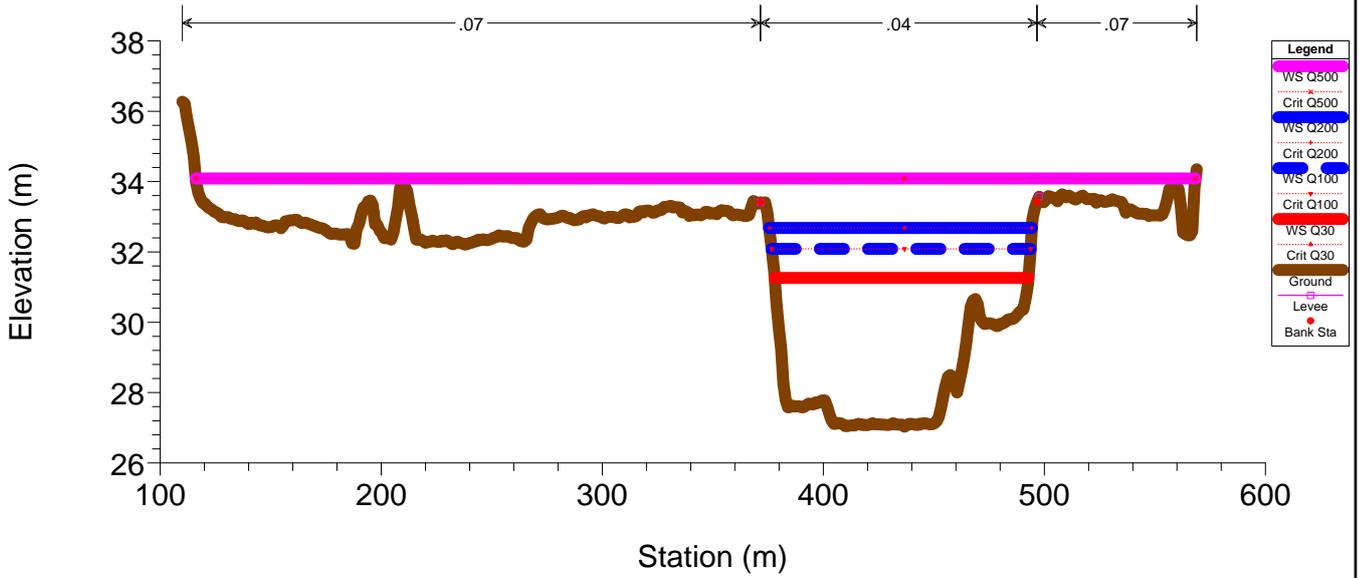
## **ALLEGATO 4: RISULTATI DEI CALCOLI IDRAULICI MONODIMENSIONALI**

**RISULTATI DEI CALCOLO IDRAULICI  
MODELLO MONODIMENSIONALE  
FIUME SERCHIO**

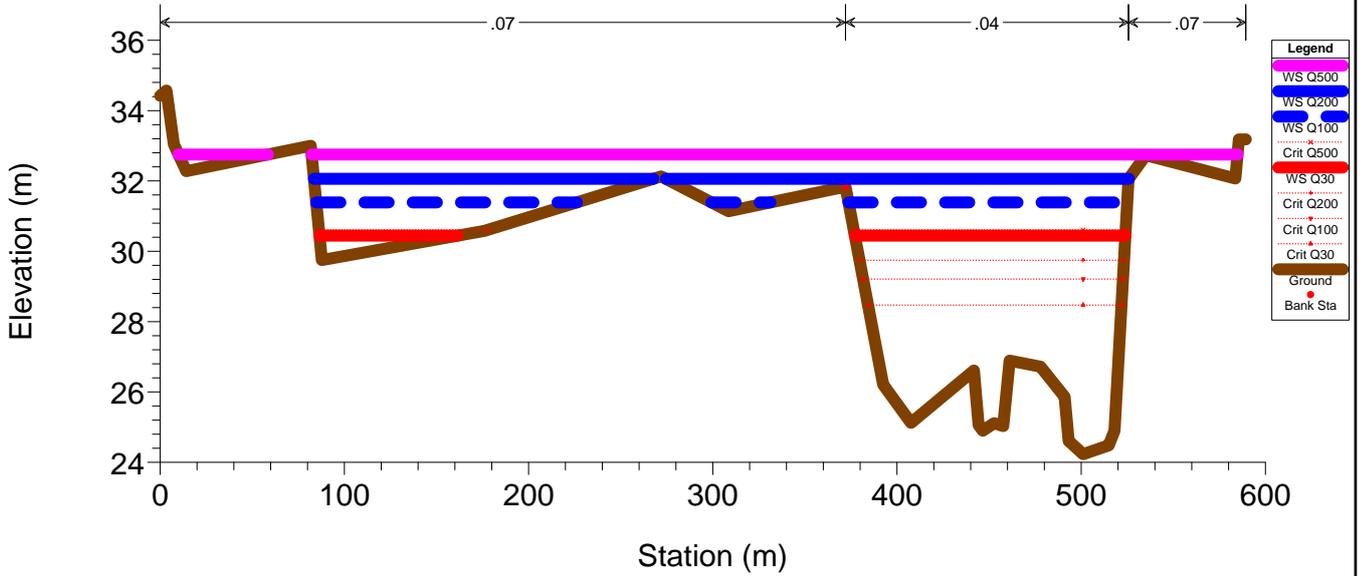




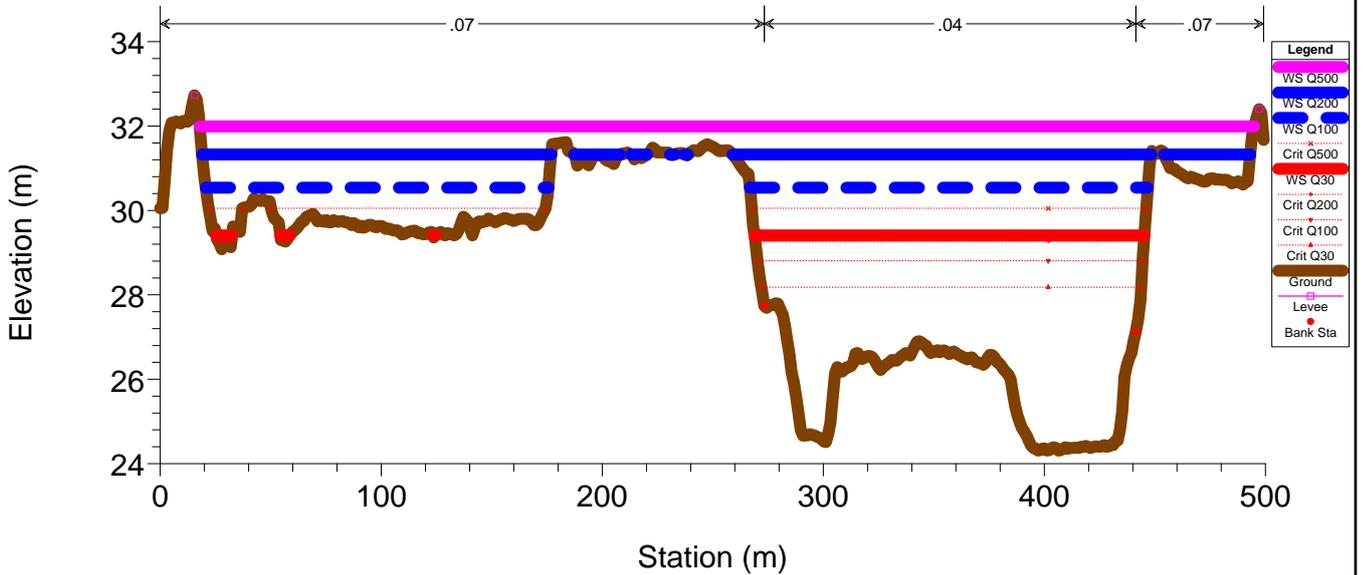
# RS = 2400



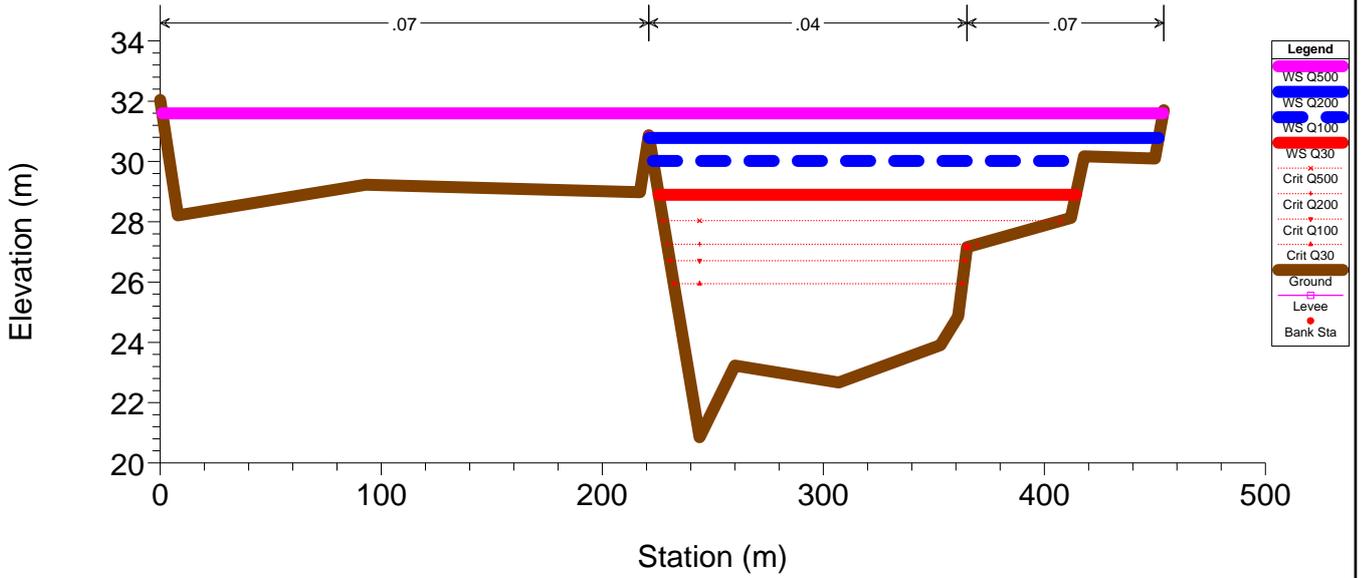
# RS = 2000 S1



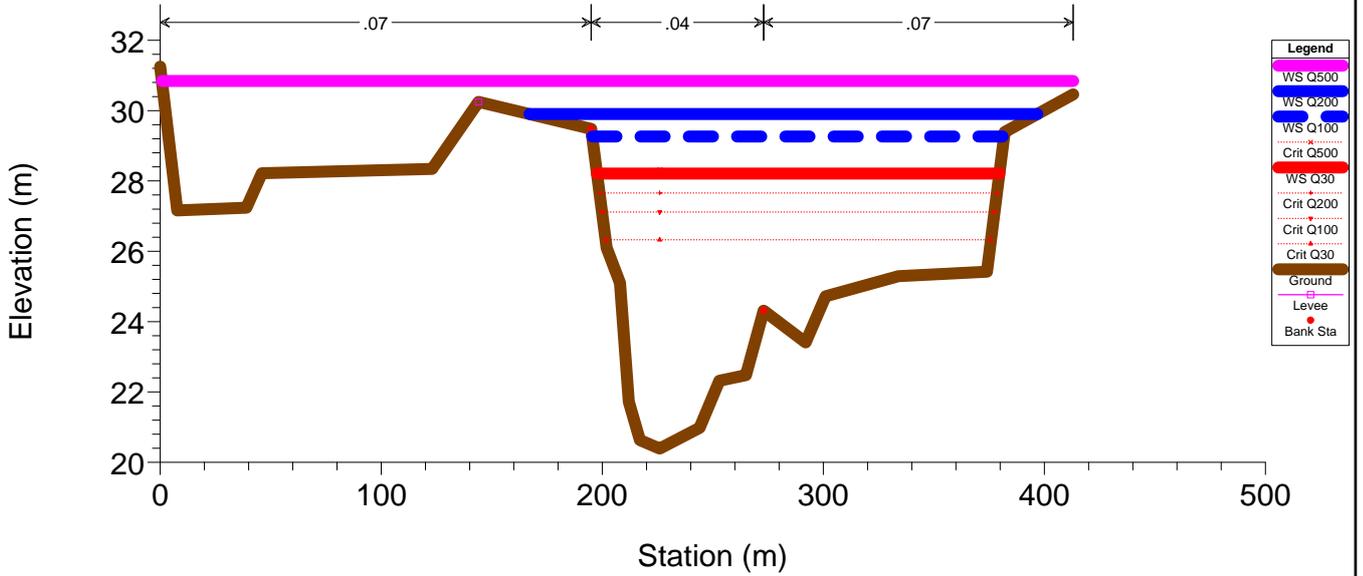
# RS = 1600 S2



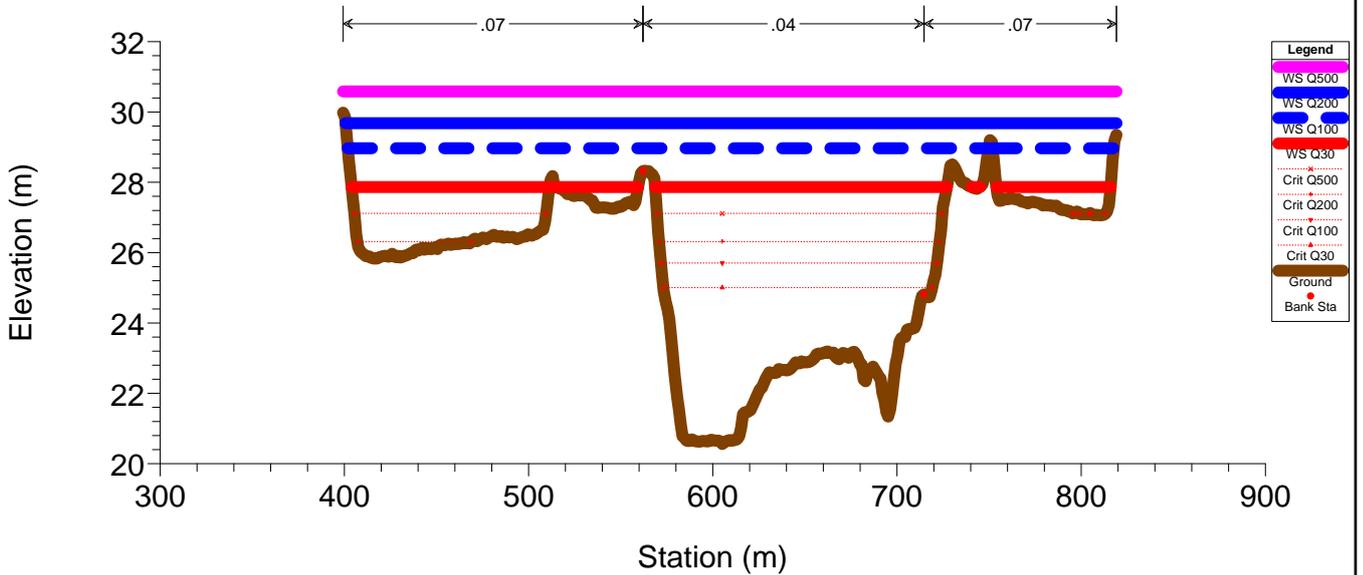
# RS = 1200 S3



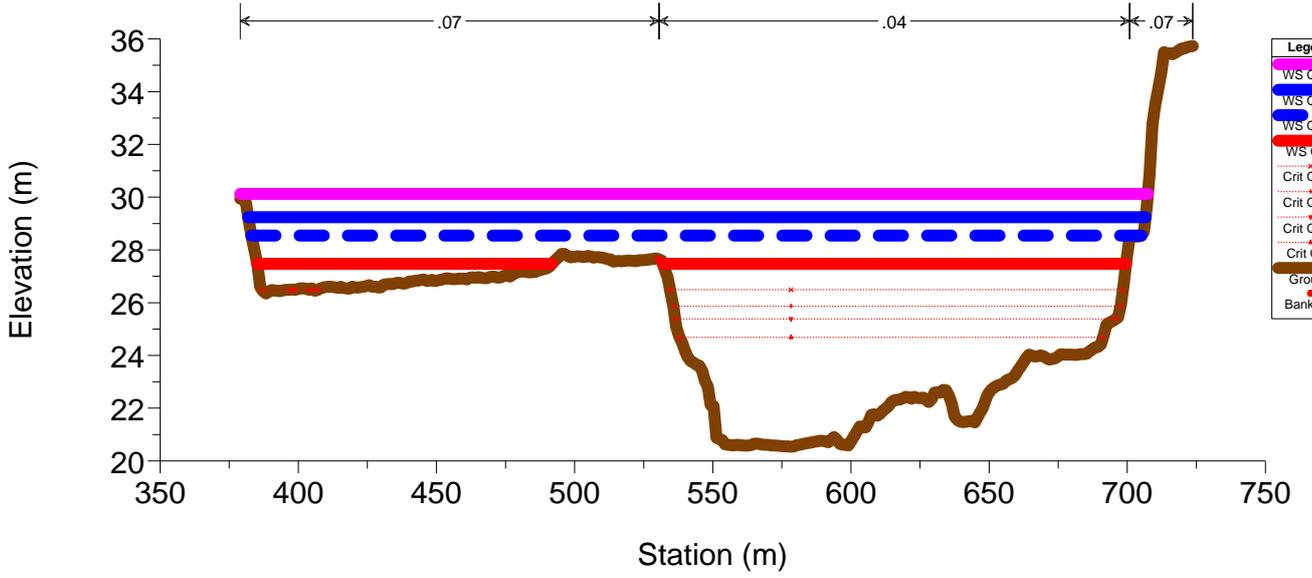
# RS = 800 s4



# RS = 400



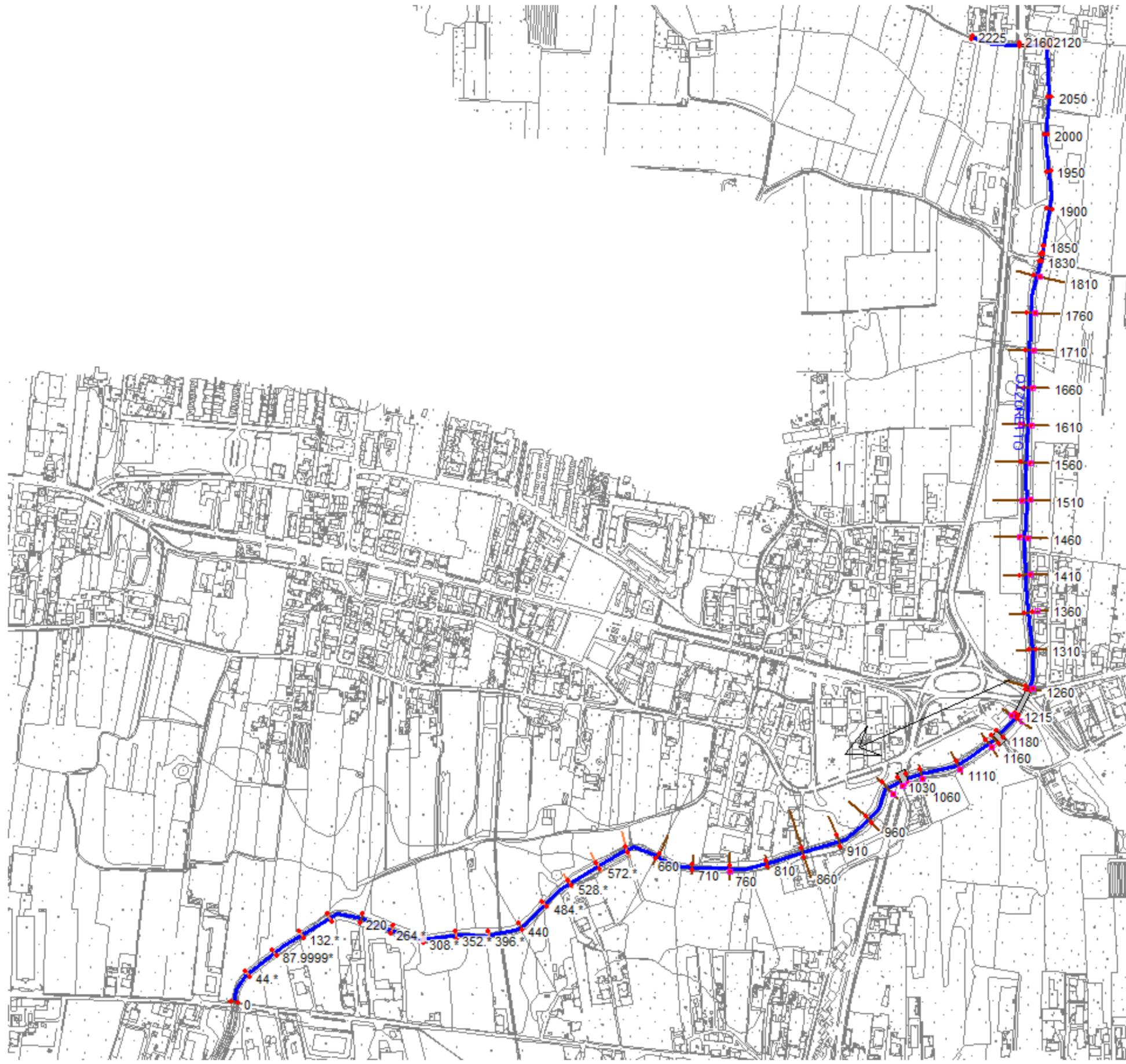
RS = 0

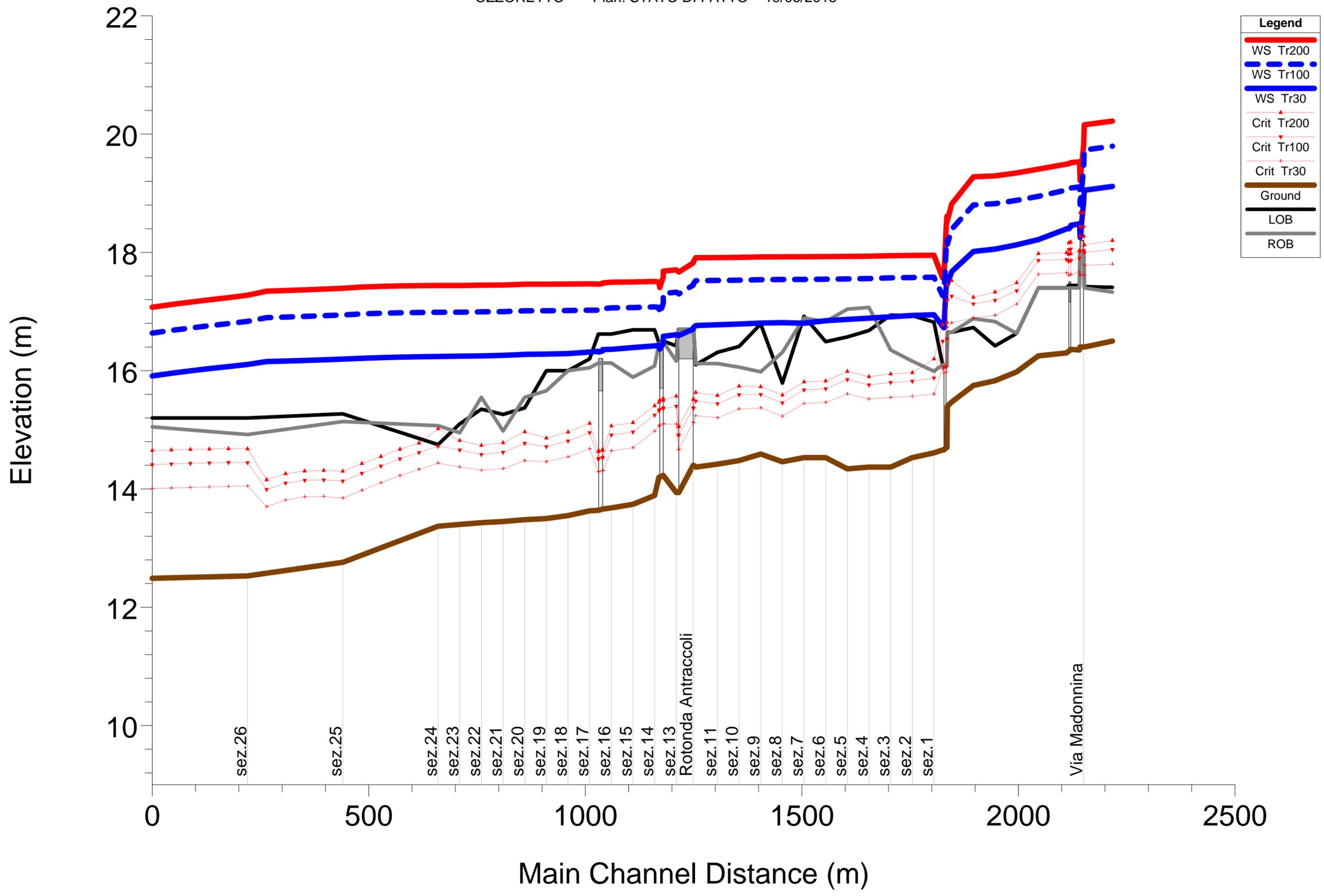


HEC-RAS Plan: varie River: SERCHIO Reach: SERCHIO

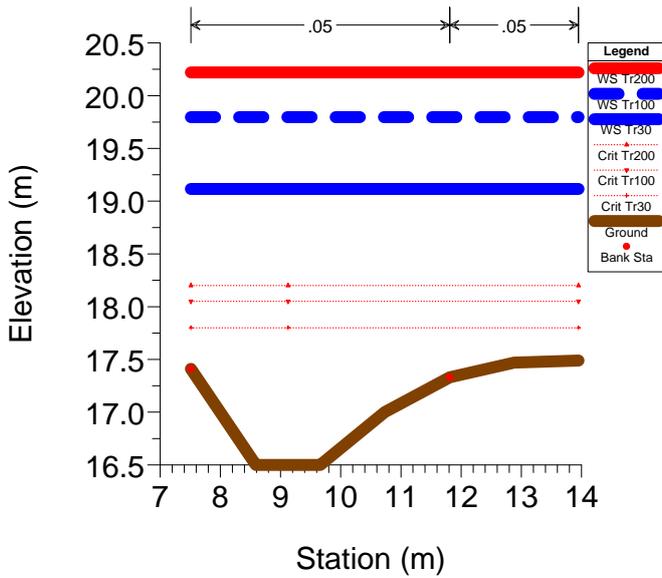
| Reach   | River Sta | Q Total<br>(m3/s) | Min Ch El<br>(m) | W.S. Elev<br>(m) | Crit W.S.<br>(m) | E.G. Elev<br>(m) | E.G. Slope<br>(m/m) | Vel Chnl<br>(m/s) | Flow Area<br>(m2) | Top Width<br>(m) | Froude # Chl |
|---------|-----------|-------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|---------------------|-------------------|-------------------|------------------|--------------|
| SERCHIO | 2400      | 3403.00           | 27.03            | 32.68            | 32.68            | 34.86            | 0.009944            | 6.55              | 519.58            | 118.83           | 1.00         |
| SERCHIO | 2400      | 1943.00           | 27.03            | 31.26            | 31.26            | 32.80            | 0.011064            | 5.49              | 353.60            | 114.82           | 1.00         |
| SERCHIO | 2400      | 2760.00           | 27.03            | 32.09            | 32.09            | 34.01            | 0.010339            | 6.14              | 449.86            | 117.20           | 1.00         |
| SERCHIO | 2400      | 4311.00           | 27.03            | 34.09            | 34.09            | 35.54            | 0.005341            | 5.61              | 1061.53           | 452.31           | 0.76         |
| SERCHIO | 2000      | 3403.00           | 24.23            | 32.06            | 29.74            | 32.67            | 0.002015            | 3.56              | 1189.31           | 435.44           | 0.47         |
| SERCHIO | 2000      | 1943.00           | 24.23            | 30.44            | 28.47            | 30.89            | 0.001984            | 2.96              | 679.93            | 221.87           | 0.45         |
| SERCHIO | 2000      | 2760.00           | 24.23            | 31.39            | 29.21            | 31.95            | 0.002070            | 3.37              | 929.88            | 324.62           | 0.47         |
| SERCHIO | 2000      | 4311.00           | 24.23            | 32.75            | 30.61            | 33.43            | 0.002015            | 3.84              | 1527.84           | 551.16           | 0.48         |
| SERCHIO | 1600      | 3403.00           | 24.31            | 31.33            | 29.27            | 31.87            | 0.001890            | 3.38              | 1245.27           | 417.58           | 0.46         |
| SERCHIO | 1600      | 1943.00           | 24.31            | 29.41            | 28.18            | 29.92            | 0.002946            | 3.18              | 619.94            | 188.97           | 0.53         |
| SERCHIO | 1600      | 2760.00           | 24.31            | 30.54            | 28.81            | 31.08            | 0.002254            | 3.33              | 952.58            | 334.97           | 0.49         |
| SERCHIO | 1600      | 4311.00           | 24.31            | 31.99            | 30.05            | 32.62            | 0.001946            | 3.70              | 1556.15           | 477.03           | 0.47         |
| SERCHIO | 1200      | 3403.00           | 20.85            | 30.78            | 27.25            | 31.27            | 0.001173            | 3.15              | 1213.98           | 230.49           | 0.37         |
| SERCHIO | 1200      | 1943.00           | 20.85            | 28.90            | 25.95            | 29.21            | 0.001039            | 2.49              | 828.87            | 188.73           | 0.34         |
| SERCHIO | 1200      | 2760.00           | 20.85            | 30.02            | 26.71            | 30.43            | 0.001112            | 2.87              | 1044.04           | 194.61           | 0.36         |
| SERCHIO | 1200      | 4311.00           | 20.85            | 31.60            | 28.04            | 32.02            | 0.001000            | 3.12              | 1974.93           | 452.81           | 0.35         |
| SERCHIO | 800       | 3403.00           | 20.39            | 29.90            | 27.65            | 30.62            | 0.002128            | 4.29              | 1117.36           | 229.74           | 0.50         |
| SERCHIO | 800       | 1943.00           | 20.39            | 28.21            | 26.33            | 28.67            | 0.001729            | 3.34              | 794.35            | 181.99           | 0.44         |
| SERCHIO | 800       | 2760.00           | 20.39            | 29.26            | 27.12            | 29.84            | 0.001893            | 3.82              | 988.05            | 186.29           | 0.47         |
| SERCHIO | 800       | 4311.00           | 20.39            | 30.84            | 28.33            | 31.47            | 0.001779            | 4.24              | 1740.32           | 412.23           | 0.47         |
| SERCHIO | 400       | 3403.00           | 20.56            | 29.68            | 26.31            | 29.98            | 0.000863            | 2.65              | 1780.28           | 418.49           | 0.32         |
| SERCHIO | 400       | 1943.00           | 20.56            | 27.87            | 25.01            | 28.12            | 0.000903            | 2.29              | 1040.45           | 377.02           | 0.31         |
| SERCHIO | 400       | 2760.00           | 20.56            | 28.97            | 25.70            | 29.25            | 0.000892            | 2.51              | 1483.36           | 413.69           | 0.32         |
| SERCHIO | 400       | 4311.00           | 20.56            | 30.58            | 27.12            | 30.91            | 0.000832            | 2.82              | 2159.21           | 419.80           | 0.32         |
| SERCHIO | 0         | 3403.00           | 20.54            | 29.24            | 25.87            | 29.61            | 0.001000            | 2.77              | 1469.21           | 324.73           | 0.34         |
| SERCHIO | 0         | 1943.00           | 20.54            | 27.47            | 24.69            | 27.74            | 0.001001            | 2.29              | 912.50            | 274.23           | 0.33         |
| SERCHIO | 0         | 2760.00           | 20.54            | 28.55            | 25.39            | 28.87            | 0.001001            | 2.57              | 1244.02           | 322.07           | 0.34         |
| SERCHIO | 0         | 4311.00           | 20.54            | 30.12            | 26.49            | 30.54            | 0.001001            | 3.01              | 1756.33           | 328.48           | 0.35         |

**RISULTATI DEI CALCOLO IDRAULICI  
MODELLO MONODIMENSIONALE  
CANALE OZZORETTO  
CONFIGURAZIONE STATO DI FATTO – ANTE OPERAM**

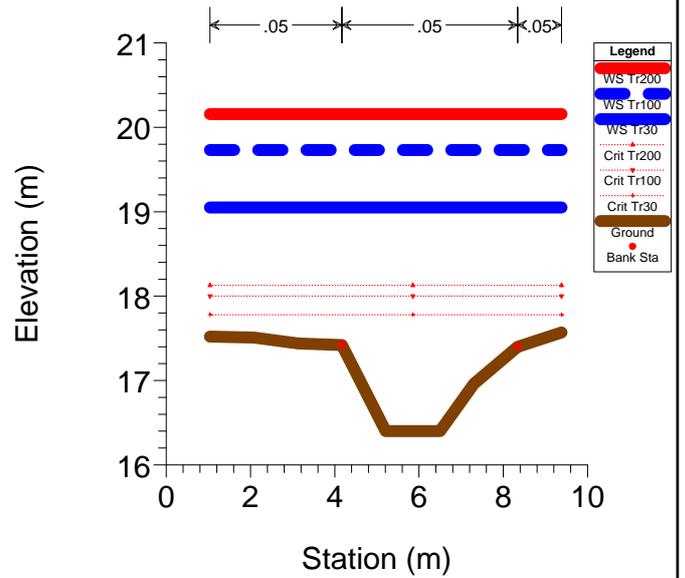




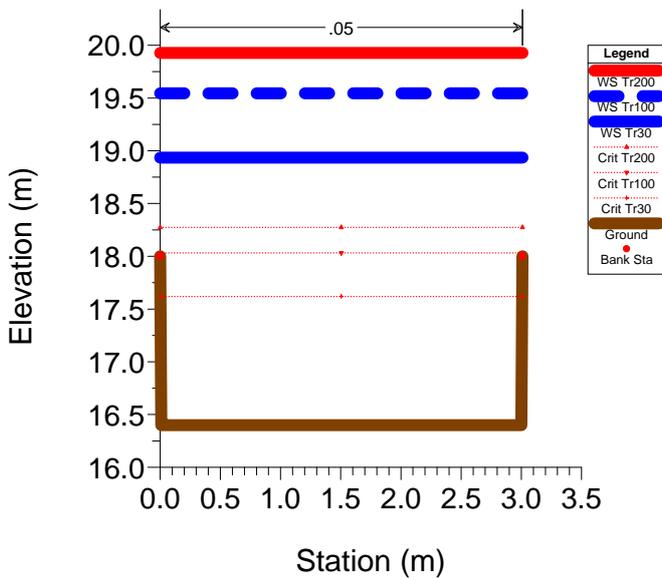
### RS = 2225



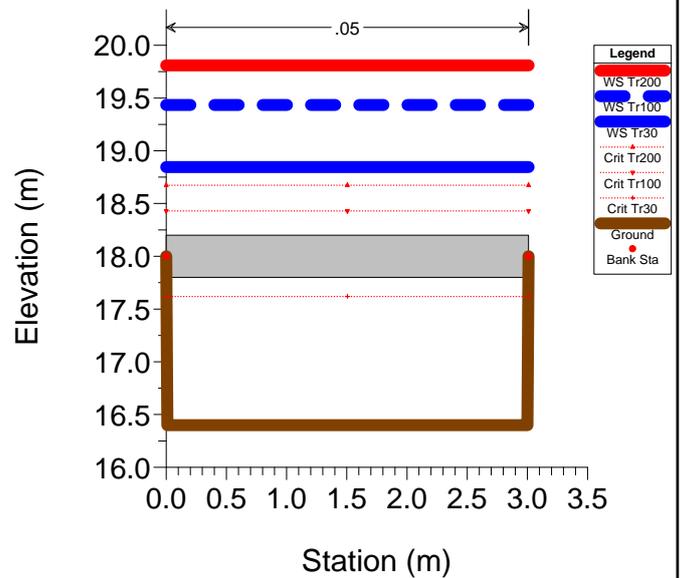
### RS = 2160



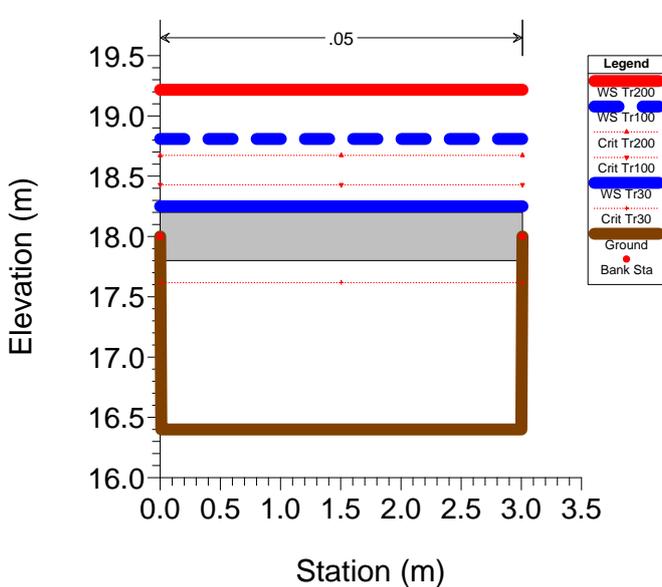
### RS = 2159



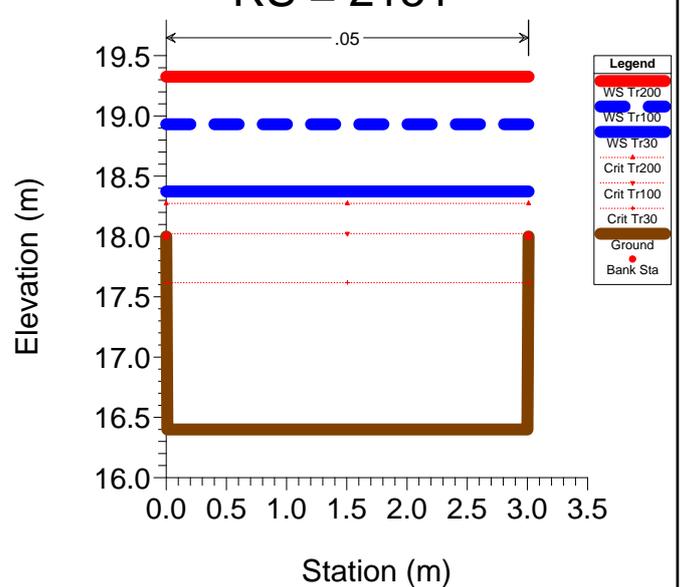
### RS = 2158 BR Via Madonnina



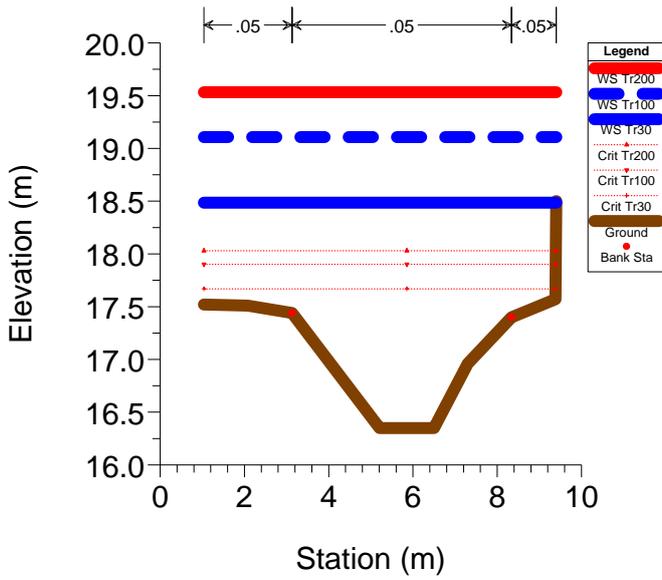
### RS = 2158 BR Via Madonnina



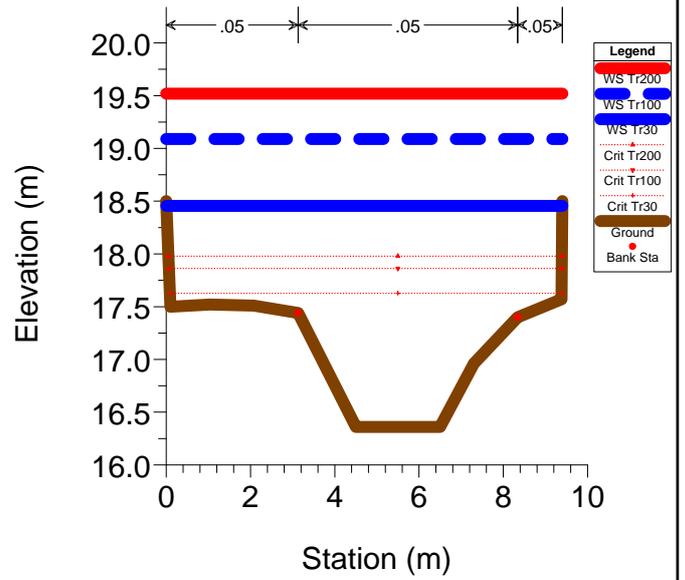
### RS = 2151



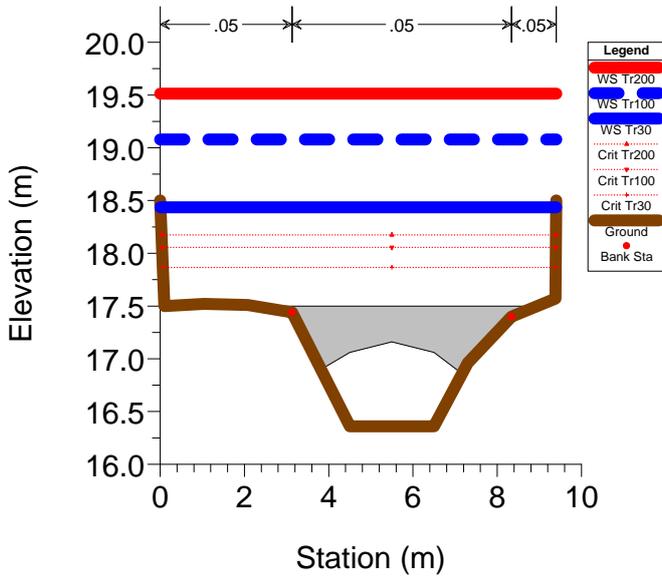
### RS = 2150



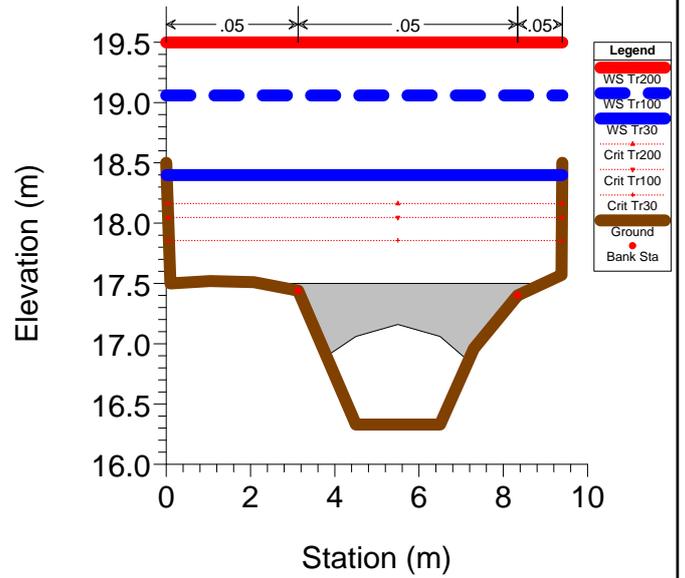
### RS = 2130



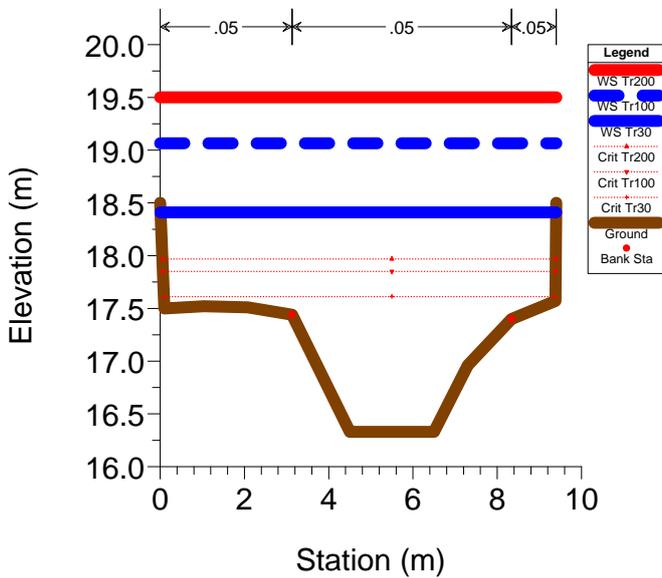
### RS = 2125 BR



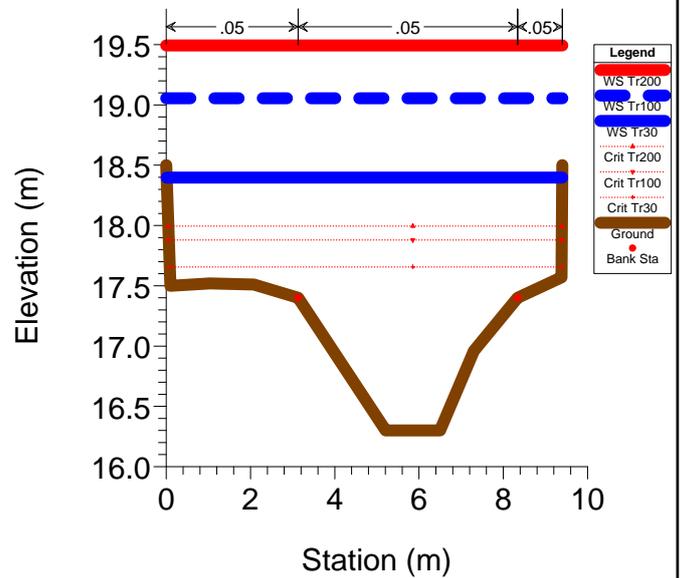
### RS = 2125 BR



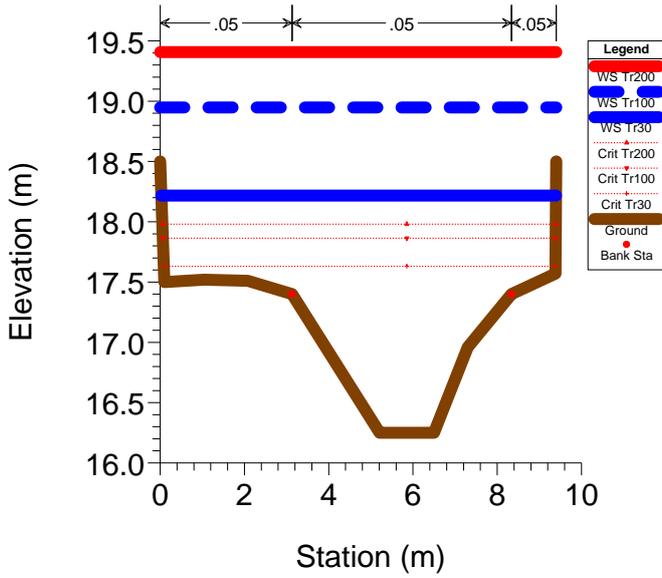
### RS = 2120



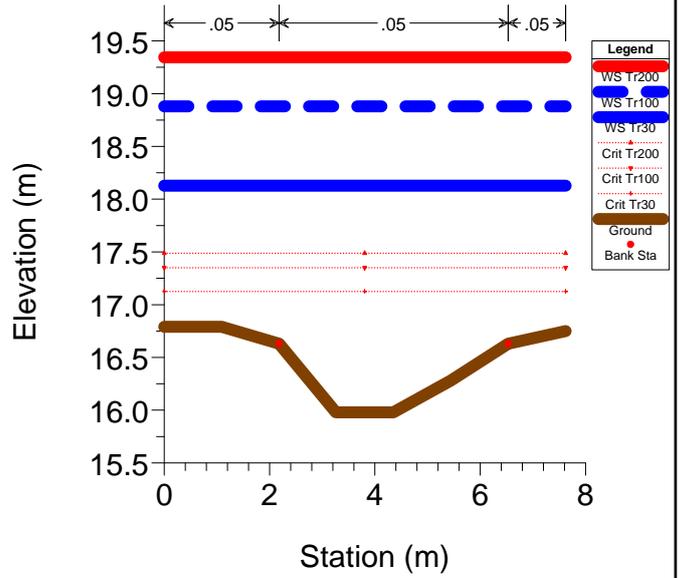
### RS = 2115



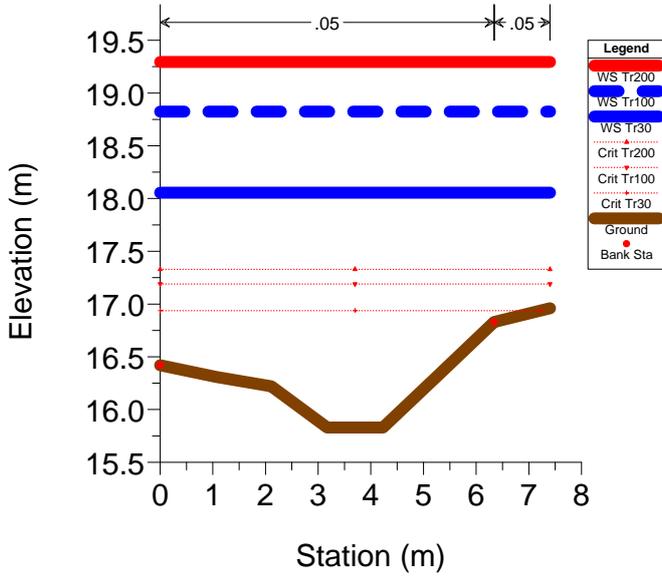
### RS = 2050



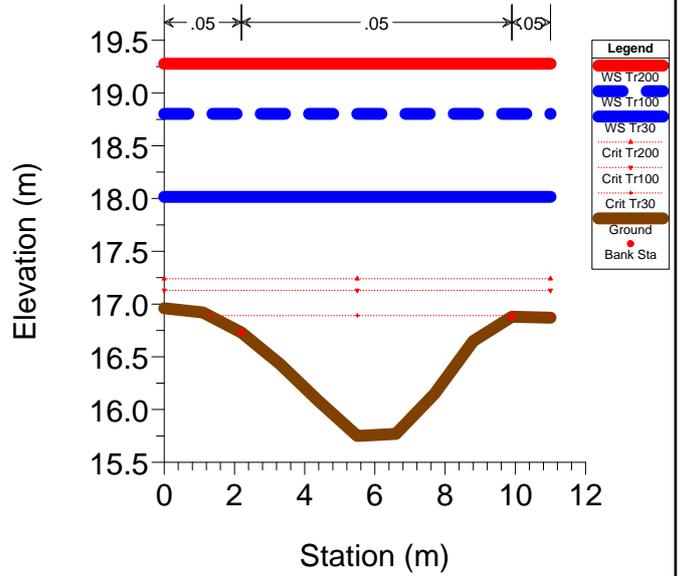
### RS = 2000



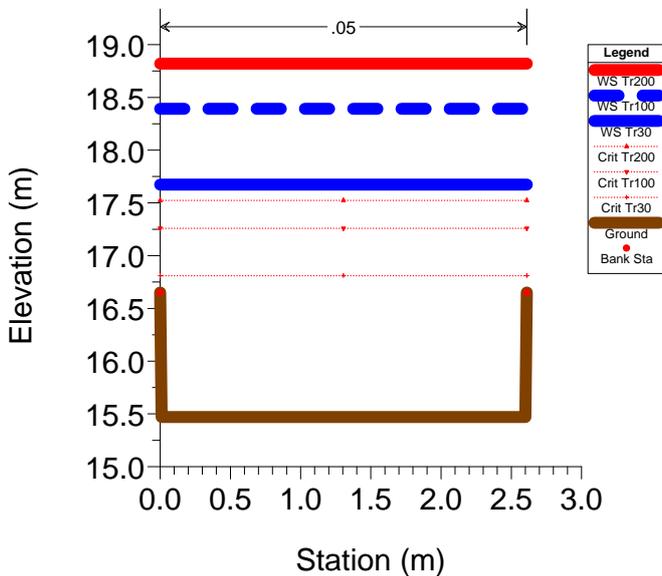
### RS = 1950



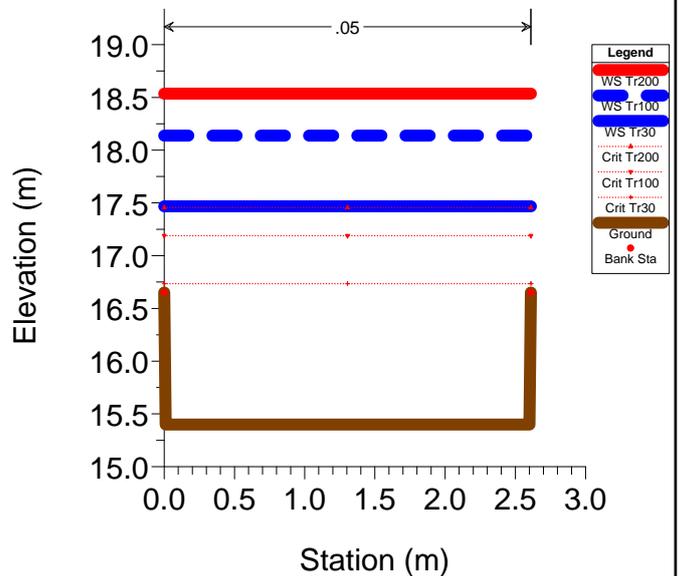
### RS = 1900



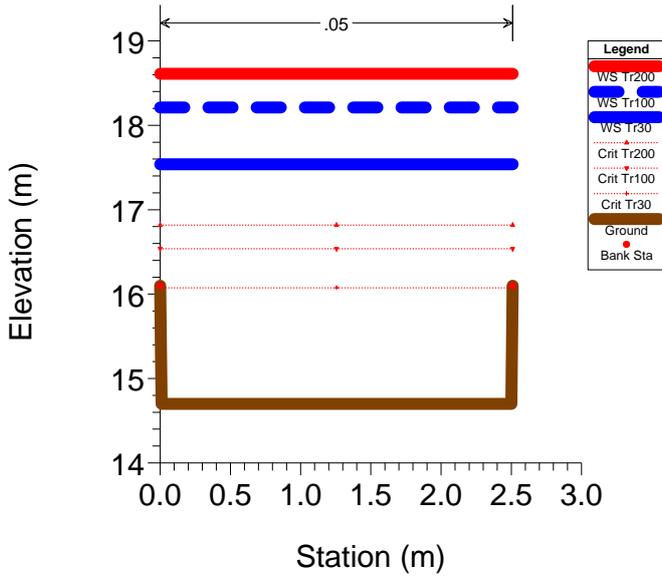
### RS = 1850



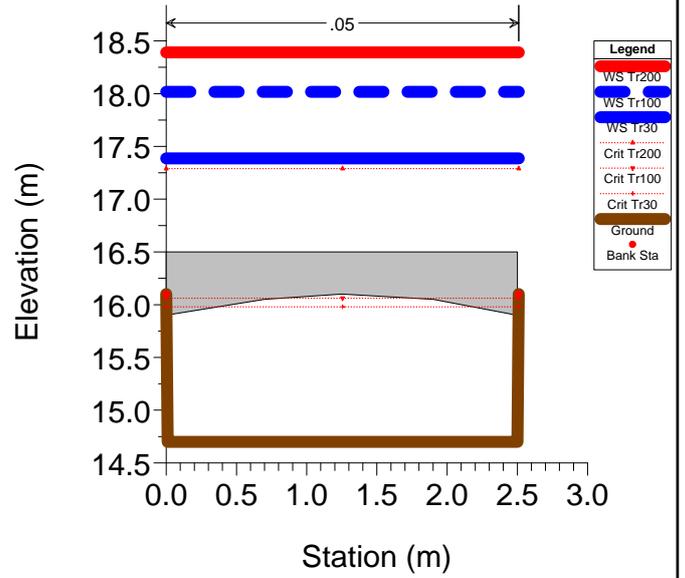
### RS = 1840



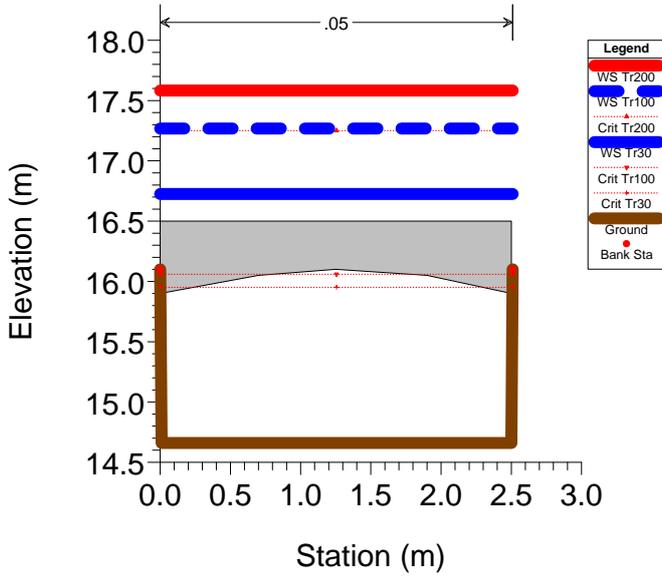
### RS = 1839



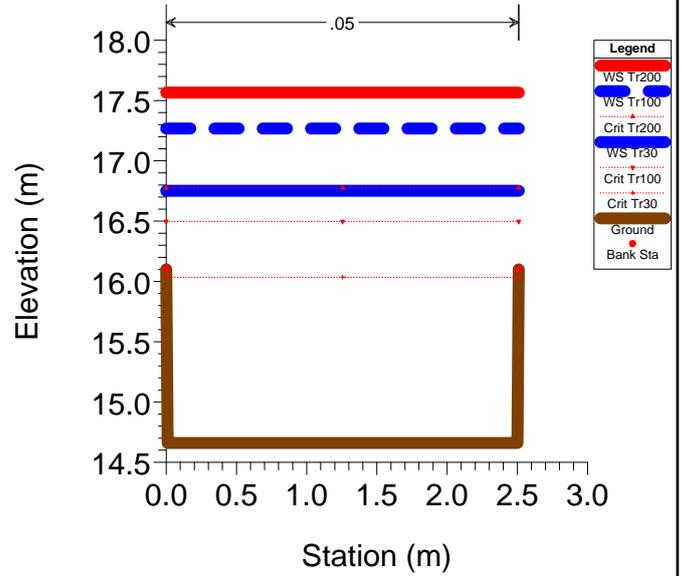
### RS = 1835 BR Via dei Marchi (vivaio)



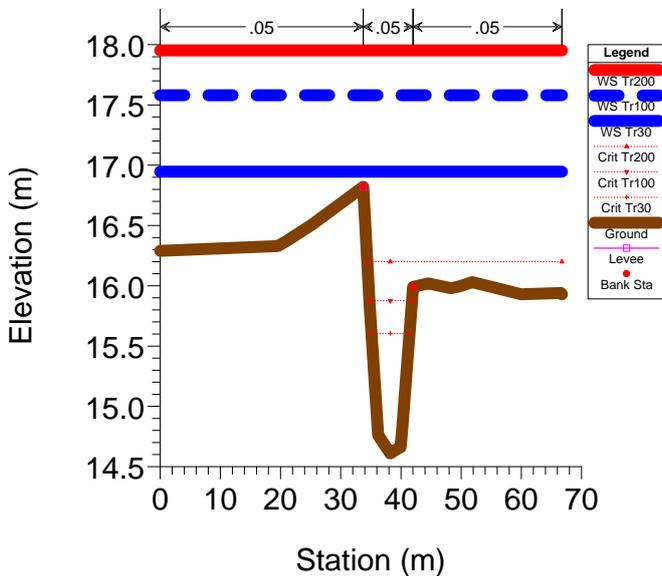
### RS = 1835 BR Via dei Marchi (vivaio)



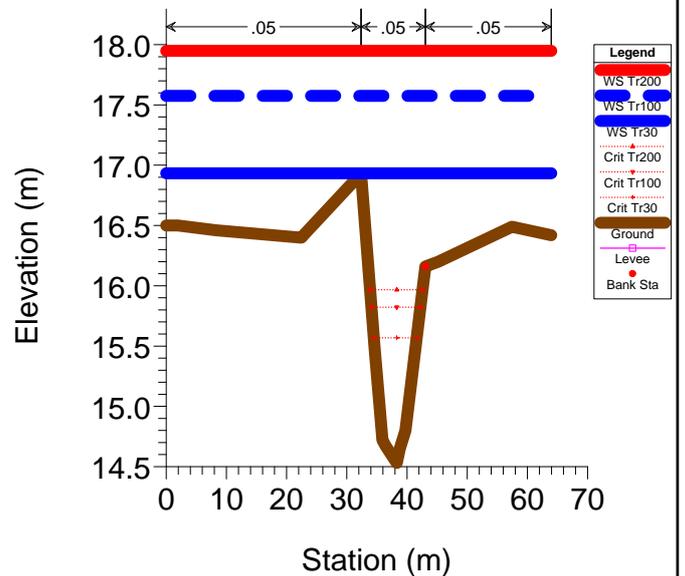
### RS = 1830



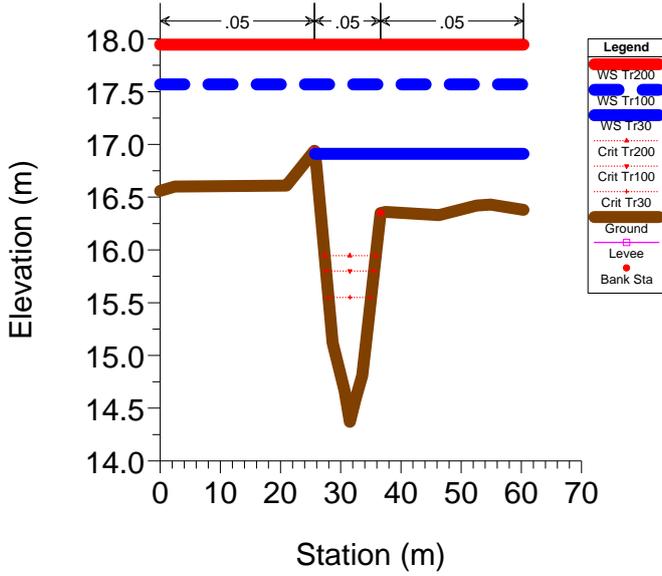
### RS = 1810 sez.1



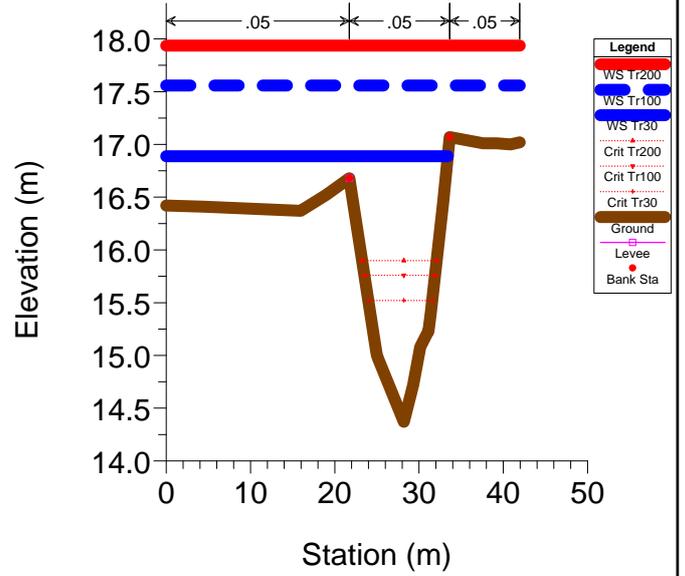
### RS = 1760 sez.2



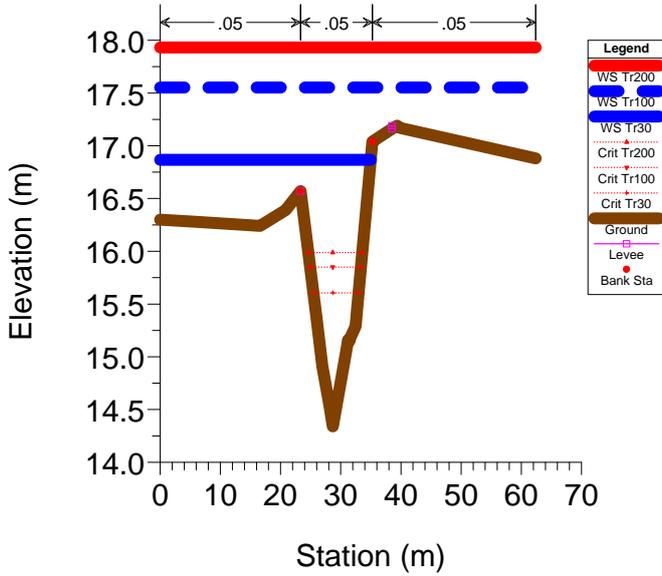
### RS = 1710 sez.3



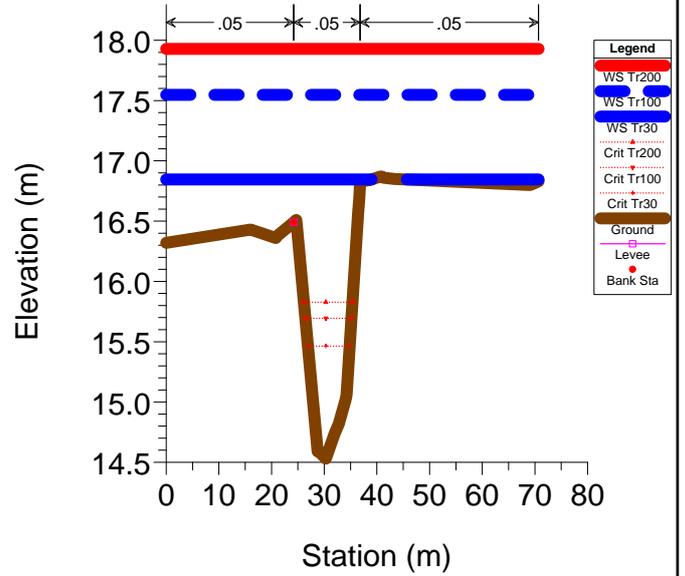
### RS = 1660 sez.4



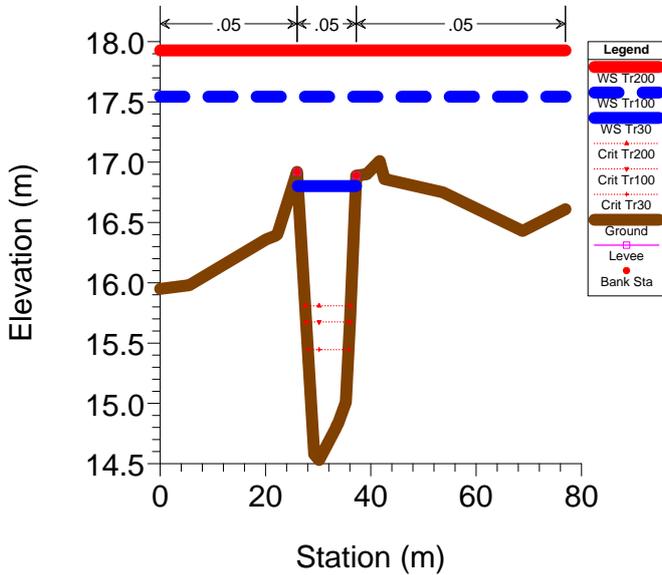
### RS = 1610 sez.5



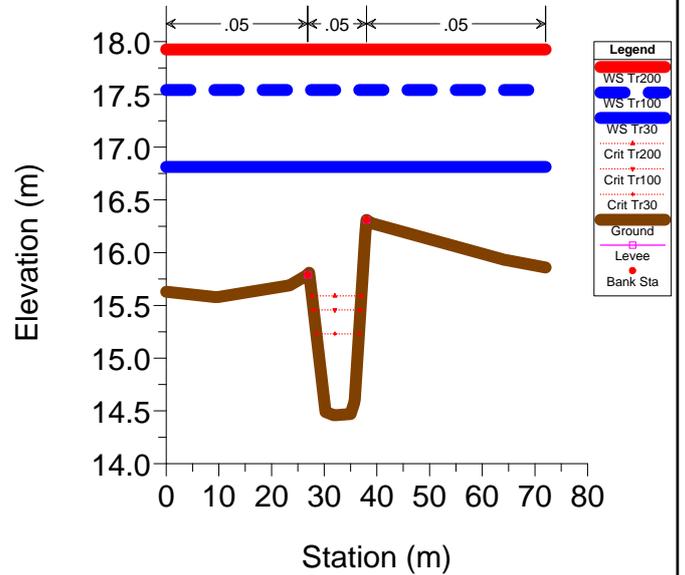
### RS = 1560 sez.6



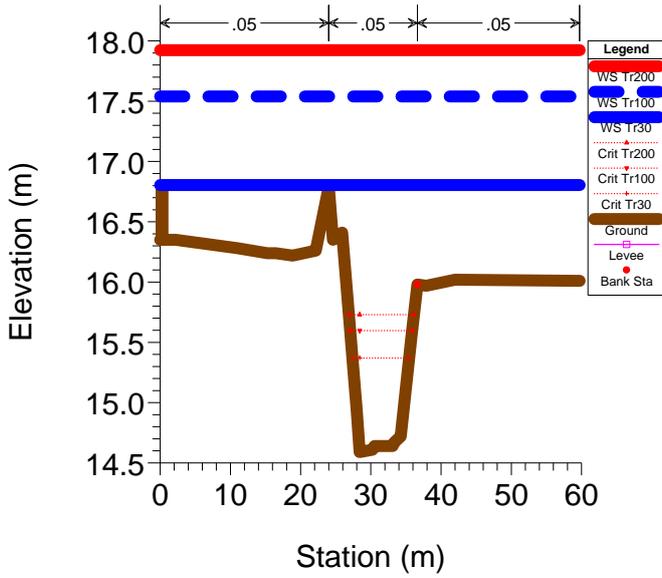
### RS = 1510 sez.7



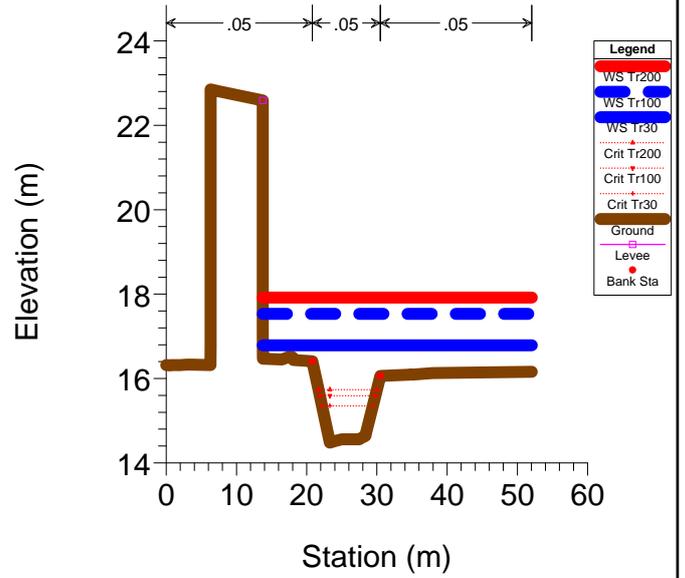
### RS = 1460 sez.8



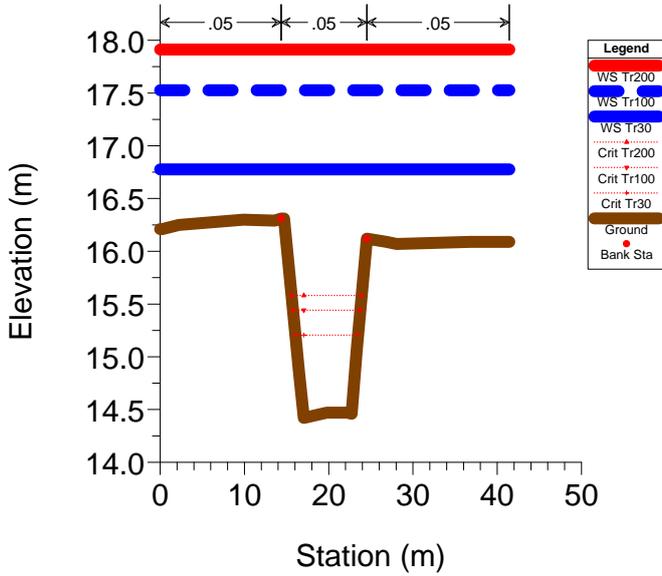
### RS = 1410 sez.9



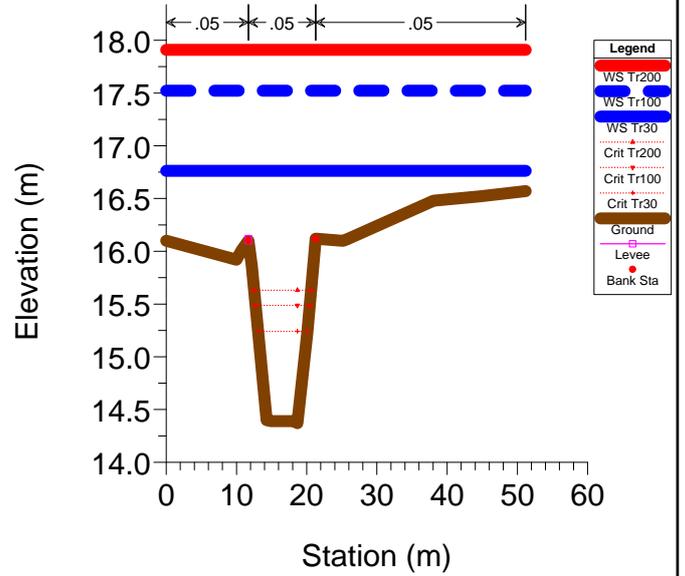
### RS = 1360 sez.10



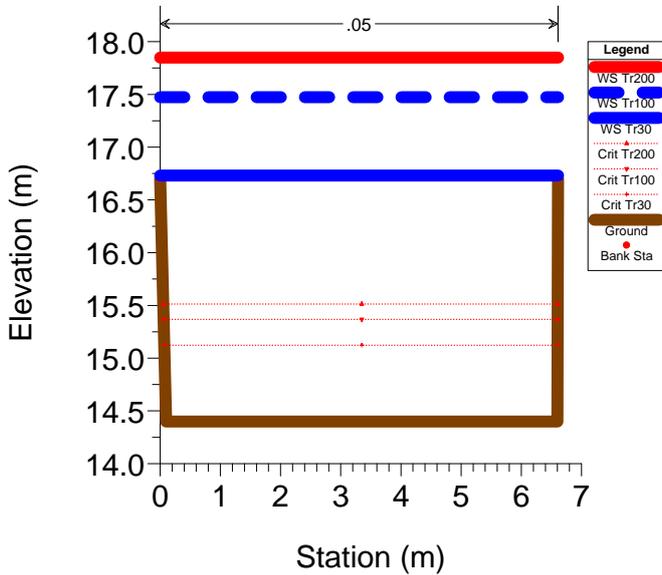
### RS = 1310 sez.11



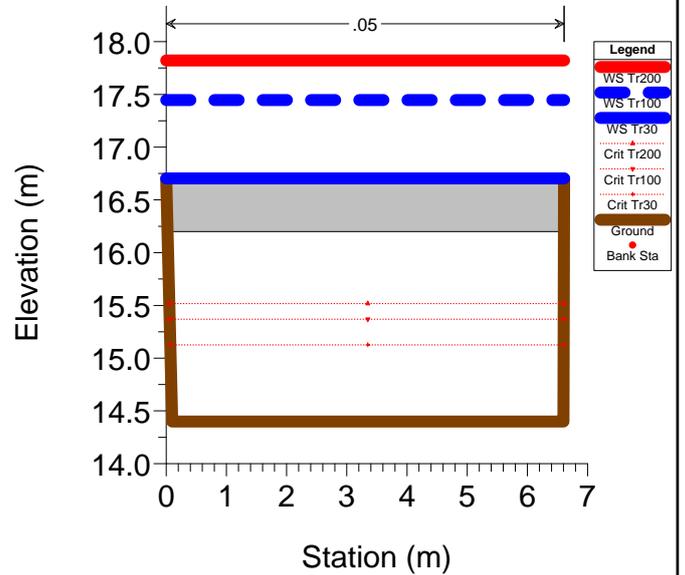
### RS = 1260 sez.12



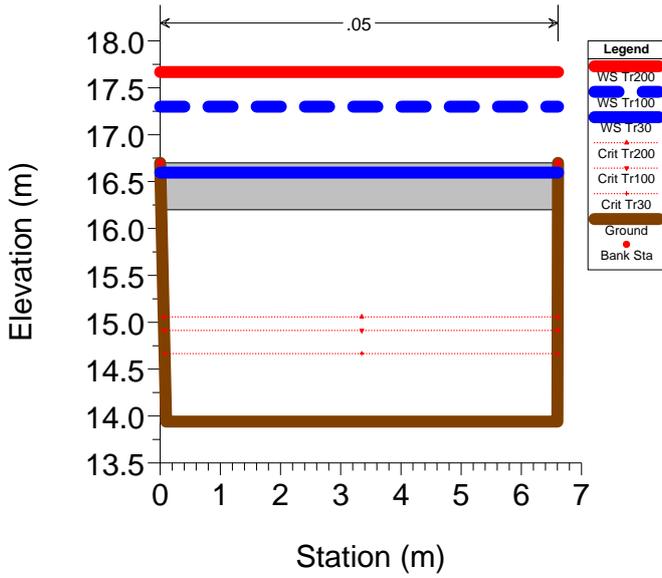
### RS = 1255 sez.12



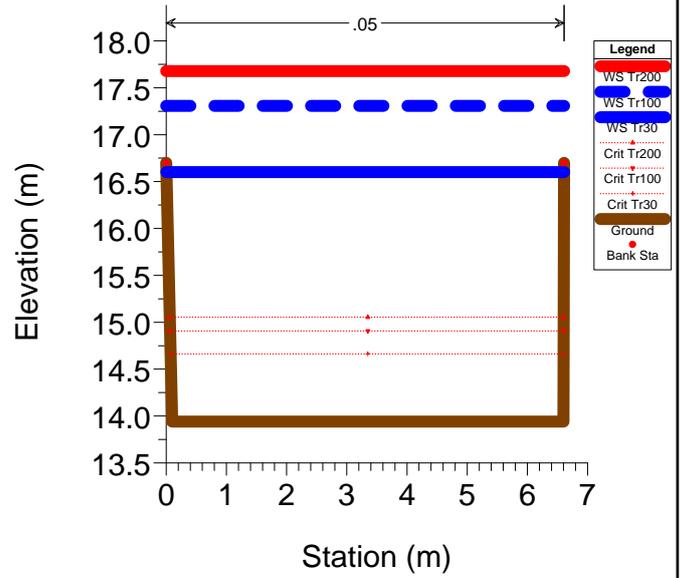
### RS = 1250 BR Rotonda Antraccoli



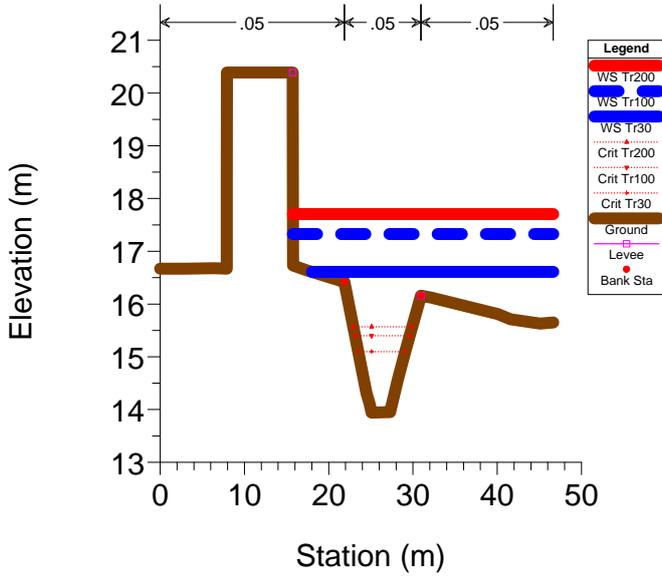
### RS = 1250 BR Rotonda Antraccoli



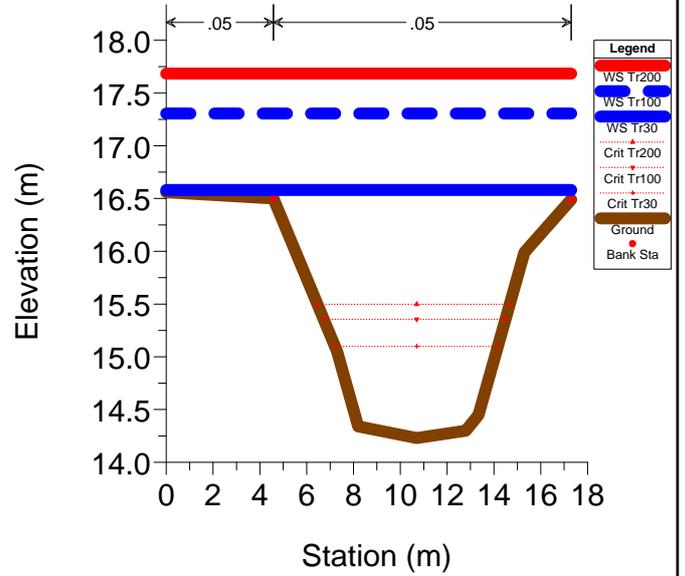
### RS = 1215 sez.13



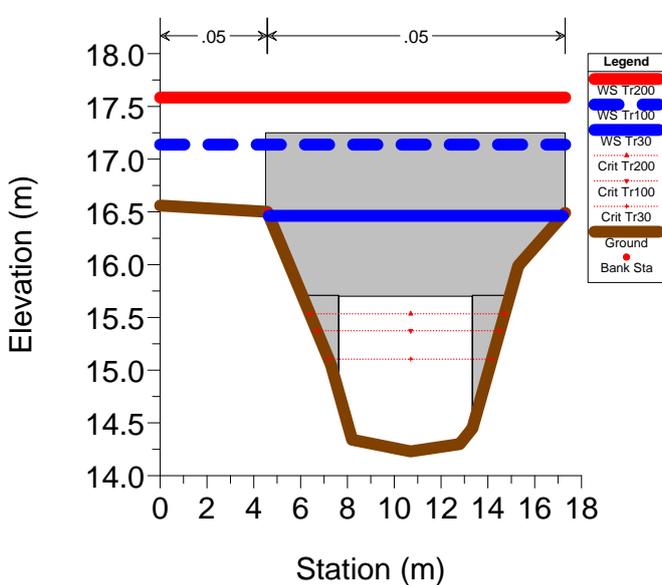
### RS = 1210 sez.13



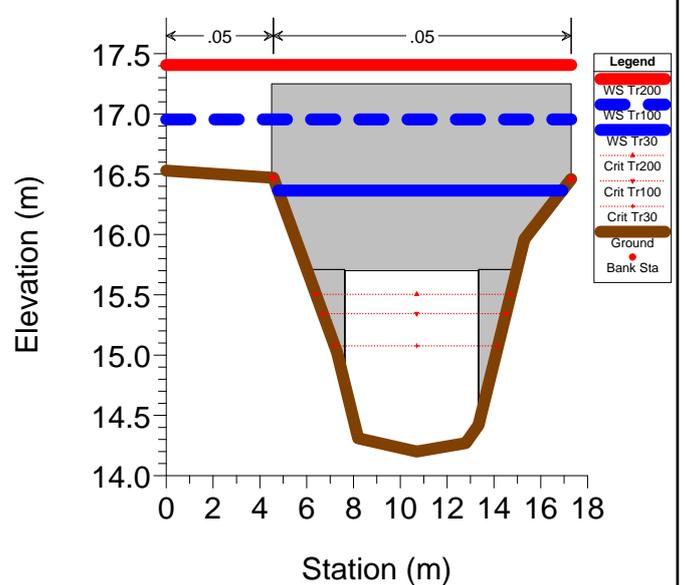
### RS = 1180 sez.via Francigena



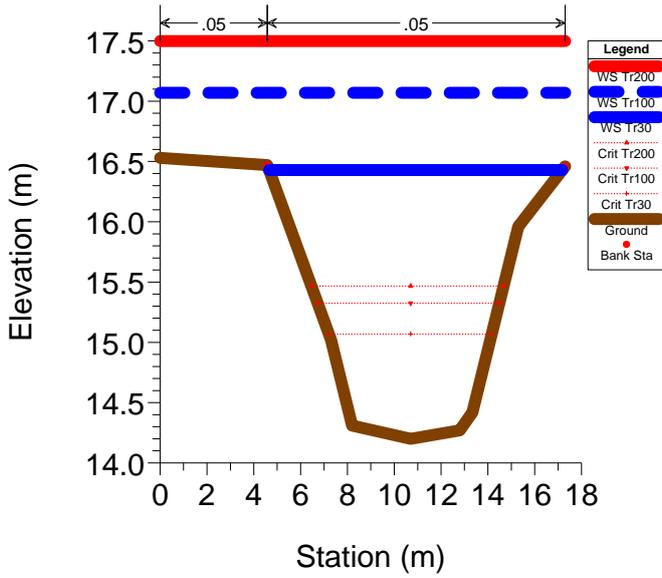
### RS = 1175 BR via Francigena



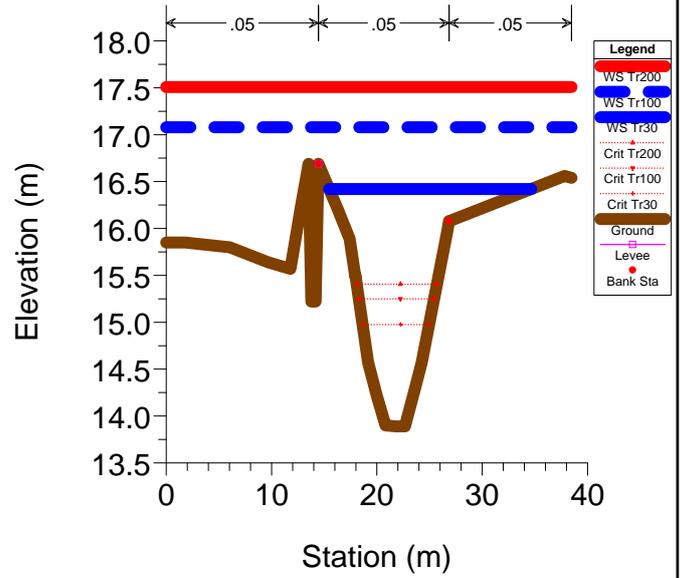
### RS = 1175 BR via Francigena



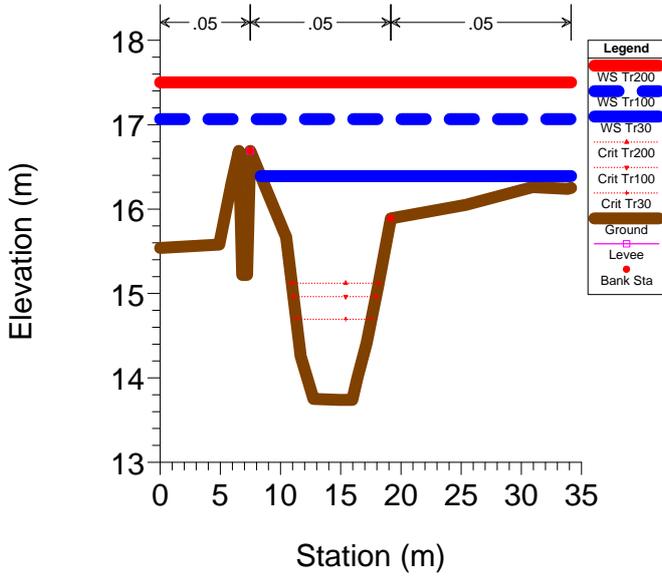
### RS = 1170 sez.via Francigena valle



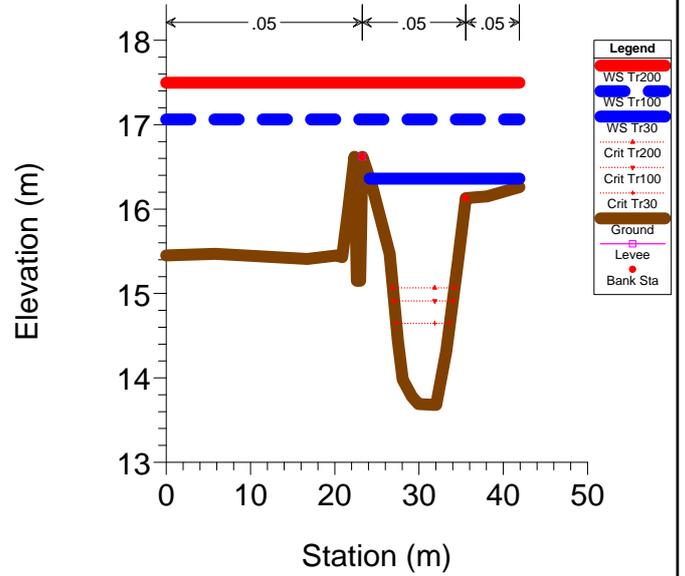
### RS = 1160 sez.14



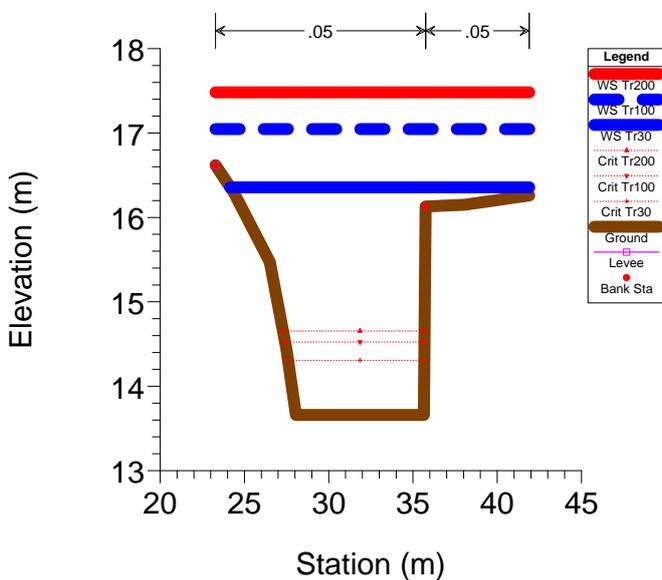
### RS = 1110 sez.15



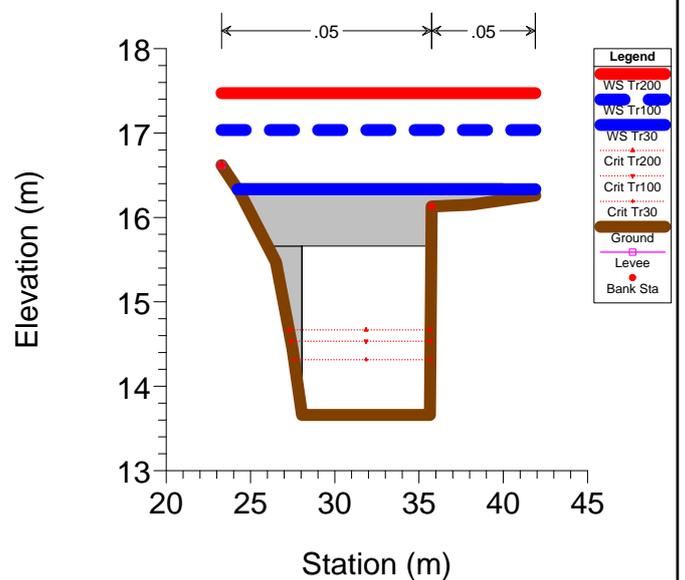
### RS = 1060 sez.16



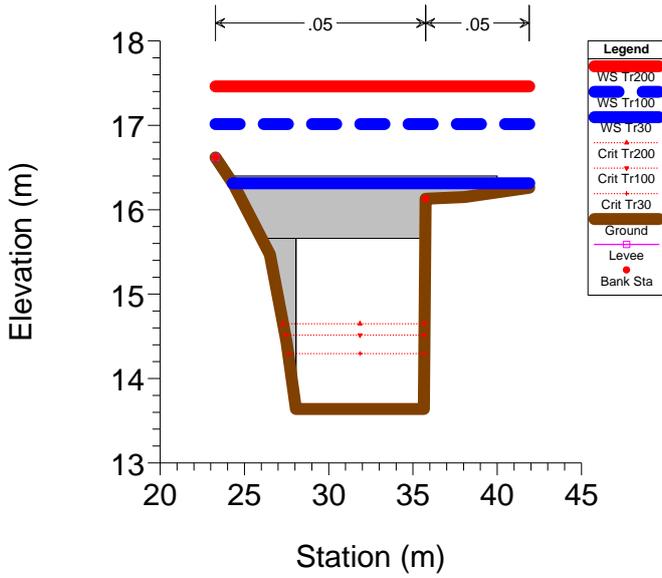
### RS = 1040 sez.16bis monte



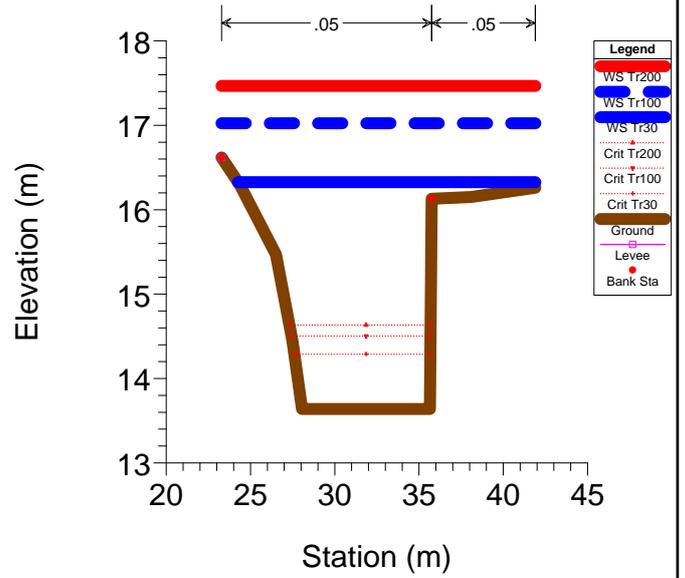
### RS = 1035 BR via della Madonnina



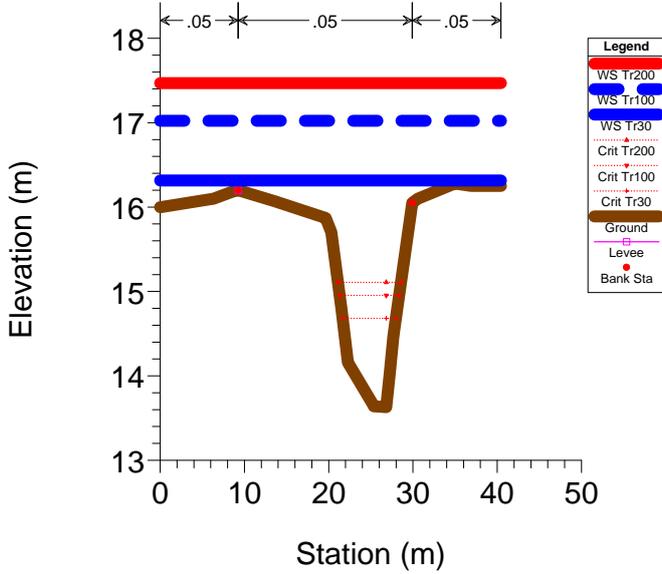
OZZORETTO Plan: STATO DI FATTO 19/06/2018  
 RS = 1035 BR via della Madonnina



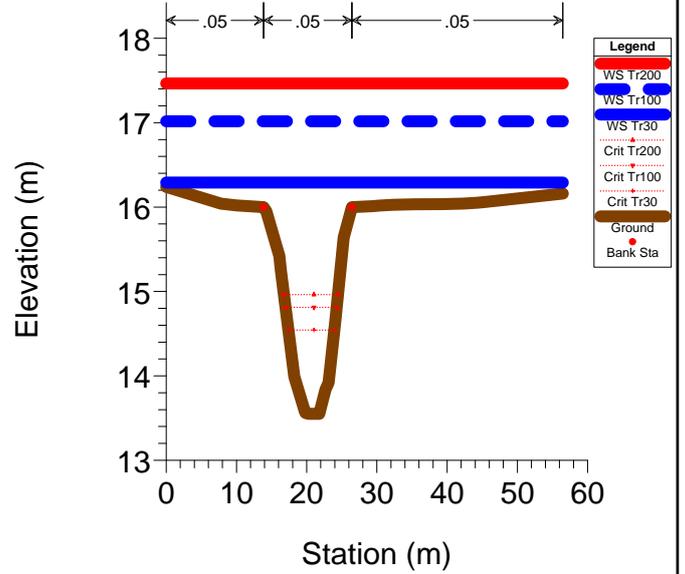
OZZORETTO Plan: STATO DI FATTO 19/06/2018  
 RS = 1030 sez.16bis valle



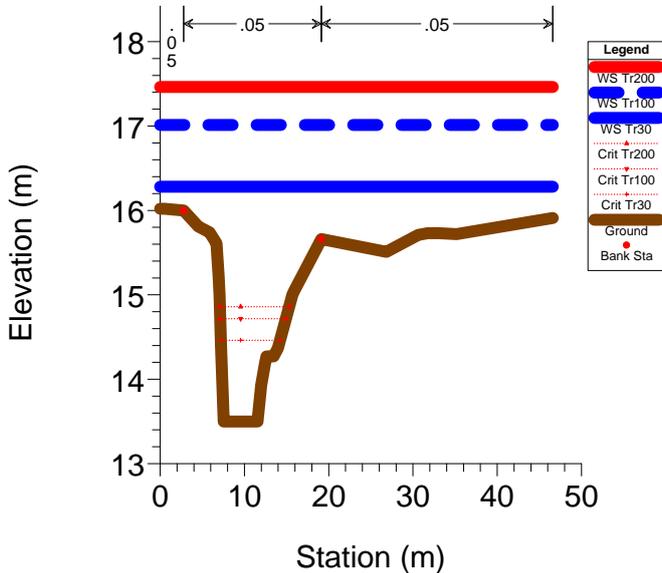
OZZORETTO Plan: STATO DI FATTO 19/06/2018  
 RS = 1010 sez.17



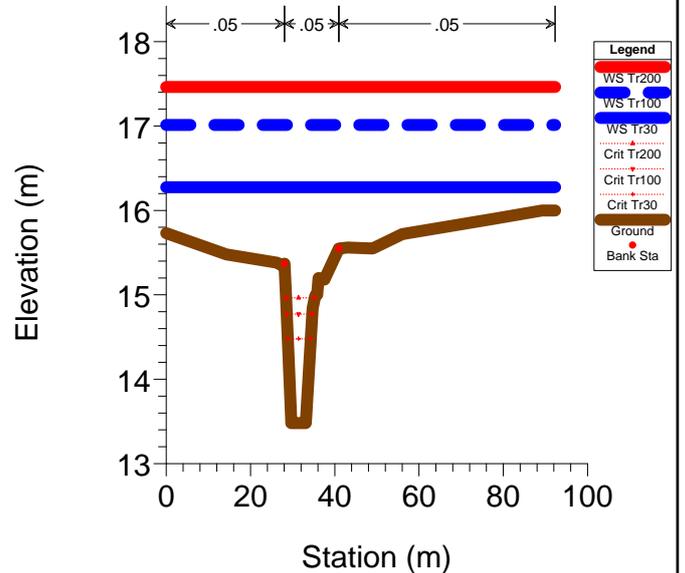
OZZORETTO Plan: STATO DI FATTO 19/06/2018  
 RS = 960 sez.18



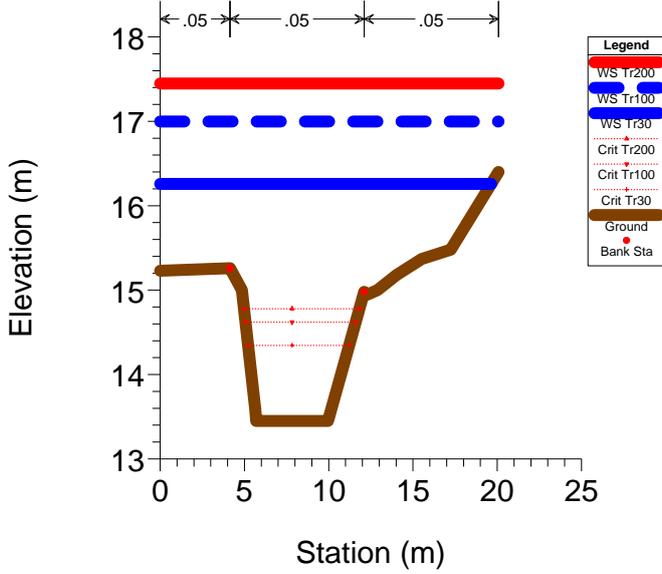
OZZORETTO Plan: STATO DI FATTO 19/06/2018  
 RS = 910 sez.19



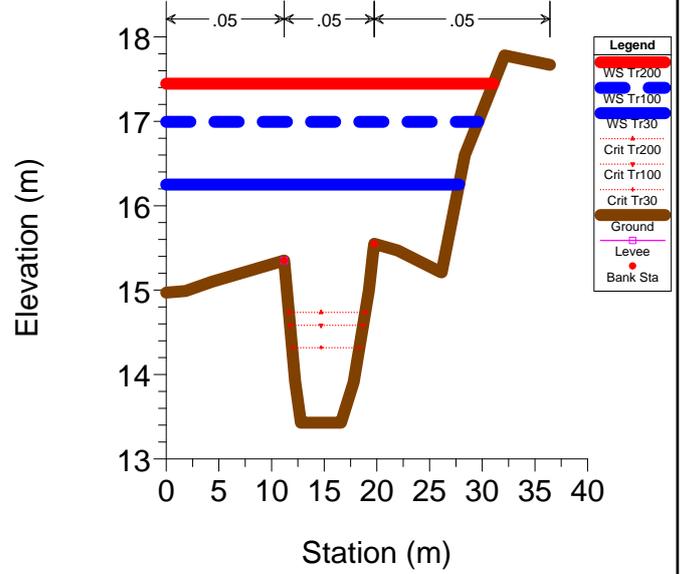
OZZORETTO Plan: STATO DI FATTO 19/06/2018  
 RS = 860 sez.20



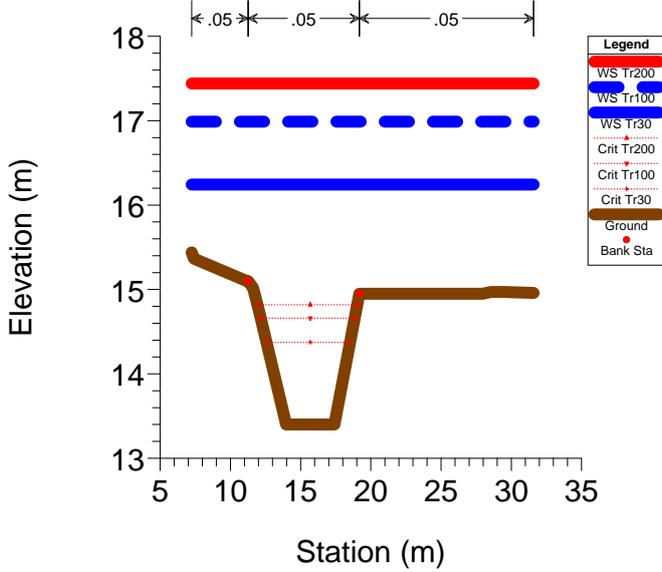
### RS = 810 sez.21



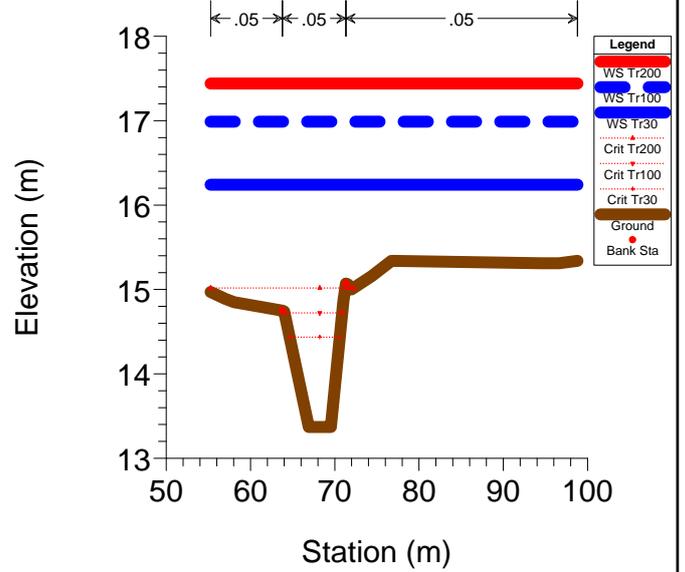
### RS = 760 sez.22



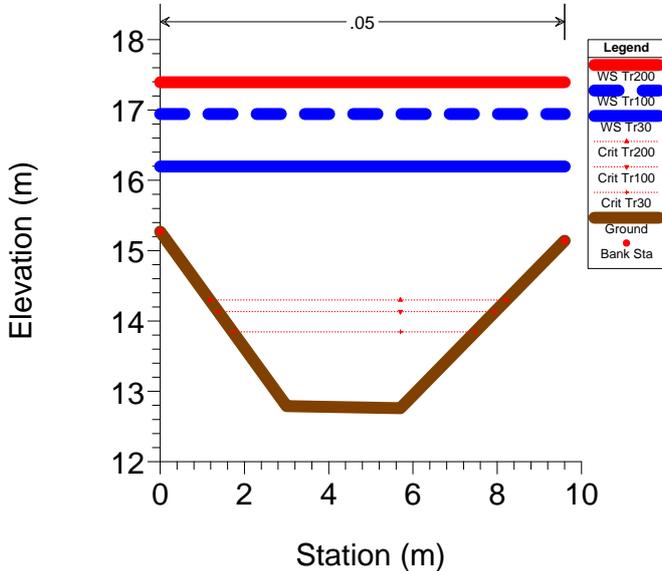
### RS = 710 sez.23



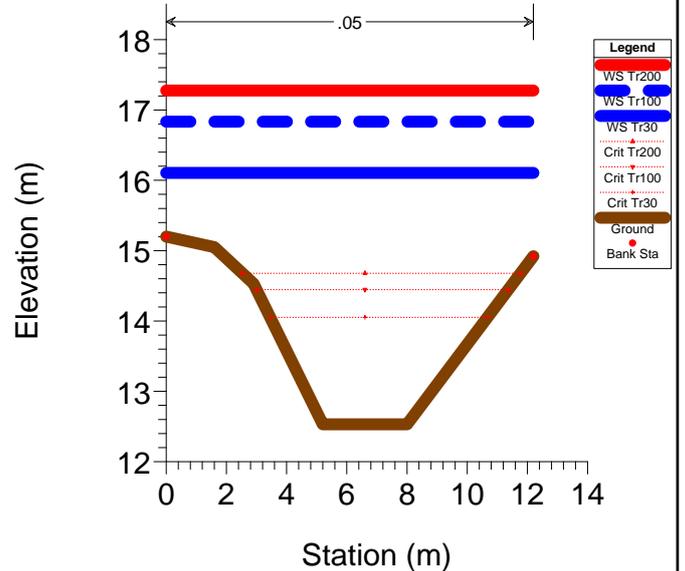
### RS = 660 sez.24



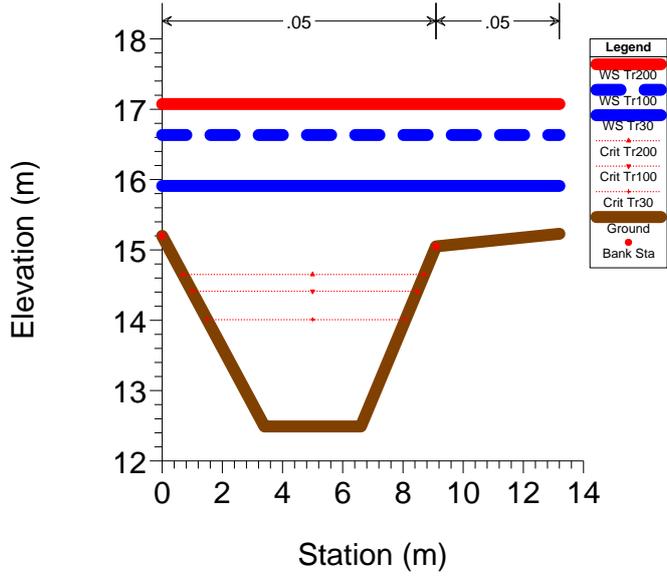
### RS = 440 sez.25



### RS = 220 sez.26



# RS = 0 sez.27



HEC-RAS Plan: STATO DI FATTO River: OZZORETTO Reach: 1

| Reach | River Sta | Q Total<br>(m3/s) | Min Ch El<br>(m) | W.S. Elev<br>(m) | Crit W.S.<br>(m) | E.G. Elev<br>(m) | E.G. Slope<br>(m/m) | Vel Chnl<br>(m/s) | Flow Area<br>(m2) | Top Width<br>(m) | Froude # Chl |
|-------|-----------|-------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|---------------------|-------------------|-------------------|------------------|--------------|
| 1     | 2225      | 12.60             | 16.50            | 19.12            | 17.80            | 19.16            | 0.001495            | 1.02              | 13.36             | 6.44             | 0.21         |
| 1     | 2225      | 24.10             | 16.50            | 20.22            | 18.20            | 20.29            | 0.001711            | 1.27              | 20.47             | 6.44             | 0.22         |
| 1     | 2225      | 19.50             | 16.50            | 19.80            | 18.05            | 19.86            | 0.001645            | 1.19              | 17.74             | 6.44             | 0.22         |
| 1     | 2160      | 12.60             | 16.40            | 19.05            | 17.78            | 19.09            | 0.000886            | 0.93              | 16.05             | 8.34             | 0.20         |
| 1     | 2160      | 24.10             | 16.40            | 20.16            | 18.13            | 20.21            | 0.000830            | 1.17              | 25.28             | 8.34             | 0.20         |
| 1     | 2160      | 19.50             | 16.40            | 19.73            | 18.00            | 19.78            | 0.000854            | 1.09              | 21.73             | 8.34             | 0.20         |
| 1     | 2159      | 12.60             | 16.40            | 18.93            | 17.62            | 19.07            | 0.007388            | 1.66              | 7.61              | 3.01             | 0.33         |
| 1     | 2159      | 24.10             | 16.40            | 19.93            | 18.27            | 20.19            | 0.012027            | 2.27              | 10.60             | 3.01             | 0.39         |
| 1     | 2159      | 19.50             | 16.40            | 19.54            | 18.03            | 19.76            | 0.010394            | 2.06              | 9.45              | 3.01             | 0.37         |
| 1     | 2158      | Bridge            |                  |                  |                  |                  |                     |                   |                   |                  |              |
| 1     | 2151      | 12.60             | 16.40            | 18.37            | 17.62            | 18.60            | 0.013958            | 2.13              | 5.92              | 3.01             | 0.48         |
| 1     | 2151      | 24.10             | 16.40            | 19.33            | 18.27            | 19.71            | 0.018949            | 2.74              | 8.79              | 3.01             | 0.51         |
| 1     | 2151      | 19.50             | 16.40            | 18.93            | 18.02            | 19.27            | 0.017764            | 2.57              | 7.60              | 3.01             | 0.52         |
| 1     | 2150      | 12.60             | 16.35            | 18.49            | 17.67            | 18.55            | 0.001987            | 1.19              | 12.01             | 8.36             | 0.29         |
| 1     | 2150      | 24.10             | 16.35            | 19.53            | 18.03            | 19.61            | 0.001385            | 1.36              | 20.75             | 8.36             | 0.26         |
| 1     | 2150      | 19.50             | 16.35            | 19.11            | 17.90            | 19.18            | 0.001601            | 1.31              | 17.21             | 8.36             | 0.27         |
| 1     | 2130      | 12.60             | 16.36            | 18.46            | 17.63            | 18.51            | 0.001715            | 1.11              | 13.05             | 9.39             | 0.27         |
| 1     | 2130      | 24.10             | 16.36            | 19.52            | 17.98            | 19.58            | 0.001132            | 1.24              | 23.04             | 9.40             | 0.24         |
| 1     | 2130      | 19.50             | 16.36            | 19.09            | 17.86            | 19.15            | 0.001326            | 1.20              | 19.00             | 9.40             | 0.25         |
| 1     | 2125      | Bridge            |                  |                  |                  |                  |                     |                   |                   |                  |              |
| 1     | 2120      | 12.60             | 16.33            | 18.41            | 17.61            | 18.47            | 0.001853            | 1.13              | 12.72             | 9.39             | 0.28         |
| 1     | 2120      | 24.10             | 16.33            | 19.50            | 17.97            | 19.57            | 0.001146            | 1.24              | 22.97             | 9.40             | 0.24         |
| 1     | 2120      | 19.50             | 16.33            | 19.06            | 17.85            | 19.13            | 0.001358            | 1.20              | 18.86             | 9.40             | 0.25         |
| 1     | 2115      | 12.60             | 16.30            | 18.40            | 17.66            | 18.46            | 0.002028            | 1.17              | 12.34             | 9.39             | 0.29         |
| 1     | 2115      | 24.10             | 16.30            | 19.49            | 17.99            | 19.56            | 0.001189            | 1.26              | 22.64             | 9.40             | 0.24         |
| 1     | 2115      | 19.50             | 16.30            | 19.05            | 17.88            | 19.12            | 0.001429            | 1.23              | 18.52             | 9.40             | 0.26         |
| 1     | 2050      | 12.60             | 16.25            | 18.22            | 17.63            | 18.30            | 0.003031            | 1.33              | 10.78             | 9.37             | 0.35         |
| 1     | 2050      | 24.10             | 16.25            | 19.41            | 17.98            | 19.48            | 0.001307            | 1.29              | 21.98             | 9.40             | 0.25         |
| 1     | 2050      | 19.50             | 16.25            | 18.95            | 17.86            | 19.02            | 0.001657            | 1.28              | 17.65             | 9.40             | 0.27         |
| 1     | 2000      | 12.60             | 15.98            | 18.13            | 17.12            | 18.19            | 0.001523            | 1.15              | 12.88             | 7.62             | 0.27         |
| 1     | 2000      | 24.10             | 15.98            | 19.34            | 17.49            | 19.42            | 0.001077            | 1.35              | 22.15             | 7.62             | 0.24         |
| 1     | 2000      | 19.50             | 15.98            | 18.88            | 17.35            | 18.95            | 0.001194            | 1.27              | 18.62             | 7.62             | 0.25         |
| 1     | 1950      | 12.60             | 15.83            | 18.06            | 16.94            | 18.11            | 0.001581            | 1.01              | 13.06             | 7.40             | 0.24         |
| 1     | 1950      | 24.10             | 15.83            | 19.29            | 17.33            | 19.36            | 0.001254            | 1.15              | 22.22             | 7.40             | 0.21         |
| 1     | 1950      | 19.50             | 15.83            | 18.82            | 17.19            | 18.88            | 0.001330            | 1.10              | 18.75             | 7.40             | 0.22         |
| 1     | 1900      | 12.60             | 15.75            | 18.02            | 16.89            | 18.05            | 0.000782            | 0.80              | 17.47             | 11.00            | 0.19         |
| 1     | 1900      | 24.10             | 15.75            | 19.28            | 17.24            | 19.31            | 0.000465            | 0.88              | 31.36             | 11.00            | 0.16         |
| 1     | 1900      | 19.50             | 15.75            | 18.80            | 17.13            | 18.83            | 0.000538            | 0.85              | 26.12             | 11.00            | 0.17         |
| 1     | 1850      | 12.60             | 15.47            | 17.67            | 16.81            | 17.92            | 0.015687            | 2.20              | 5.74              | 2.61             | 0.47         |
| 1     | 1850      | 24.10             | 15.47            | 18.82            | 17.52            | 19.21            | 0.020696            | 2.76              | 8.73              | 2.61             | 0.48         |
| 1     | 1850      | 19.50             | 15.47            | 18.39            | 17.26            | 18.73            | 0.018791            | 2.56              | 7.61              | 2.61             | 0.48         |
| 1     | 1840      | 12.60             | 15.40            | 17.47            | 16.73            | 17.75            | 0.018434            | 2.34              | 5.38              | 2.61             | 0.52         |
| 1     | 1840      | 24.10             | 15.40            | 18.54            | 17.45            | 18.98            | 0.024234            | 2.95              | 8.17              | 2.61             | 0.53         |
| 1     | 1840      | 19.50             | 15.40            | 18.14            | 17.19            | 18.52            | 0.022014            | 2.73              | 7.13              | 2.61             | 0.53         |
| 1     | 1839      | 12.60             | 14.70            | 17.54            | 16.08            | 17.70            | 0.009450            | 1.77              | 7.11              | 2.51             | 0.34         |
| 1     | 1839      | 24.10             | 14.70            | 18.61            | 16.82            | 18.92            | 0.016172            | 2.46              | 9.80              | 2.51             | 0.40         |
| 1     | 1839      | 19.50             | 14.70            | 18.21            | 16.54            | 18.46            | 0.013615            | 2.22              | 8.80              | 2.51             | 0.38         |
| 1     | 1835      | Bridge            |                  |                  |                  |                  |                     |                   |                   |                  |              |
| 1     | 1830      | 12.60             | 14.66            | 16.75            | 16.03            | 17.05            | 0.020021            | 2.41              | 5.23              | 2.51             | 0.53         |
| 1     | 1830      | 24.10             | 14.66            | 17.57            | 16.78            | 18.12            | 0.032640            | 3.31              | 7.28              | 2.51             | 0.62         |
| 1     | 1830      | 19.50             | 14.66            | 17.27            | 16.50            | 17.72            | 0.027780            | 2.99              | 6.53              | 2.51             | 0.59         |
| 1     | 1810      | 12.60             | 14.61            | 16.95            | 15.60            | 16.95            | 0.000133            | 0.31              | 56.68             | 66.75            | 0.07         |
| 1     | 1810      | 24.10             | 14.61            | 17.95            | 16.20            | 17.95            | 0.000044            | 0.24              | 123.86            | 66.75            | 0.05         |
| 1     | 1810      | 19.50             | 14.61            | 17.58            | 15.88            | 17.58            | 0.000058            | 0.25              | 99.00             | 66.75            | 0.05         |

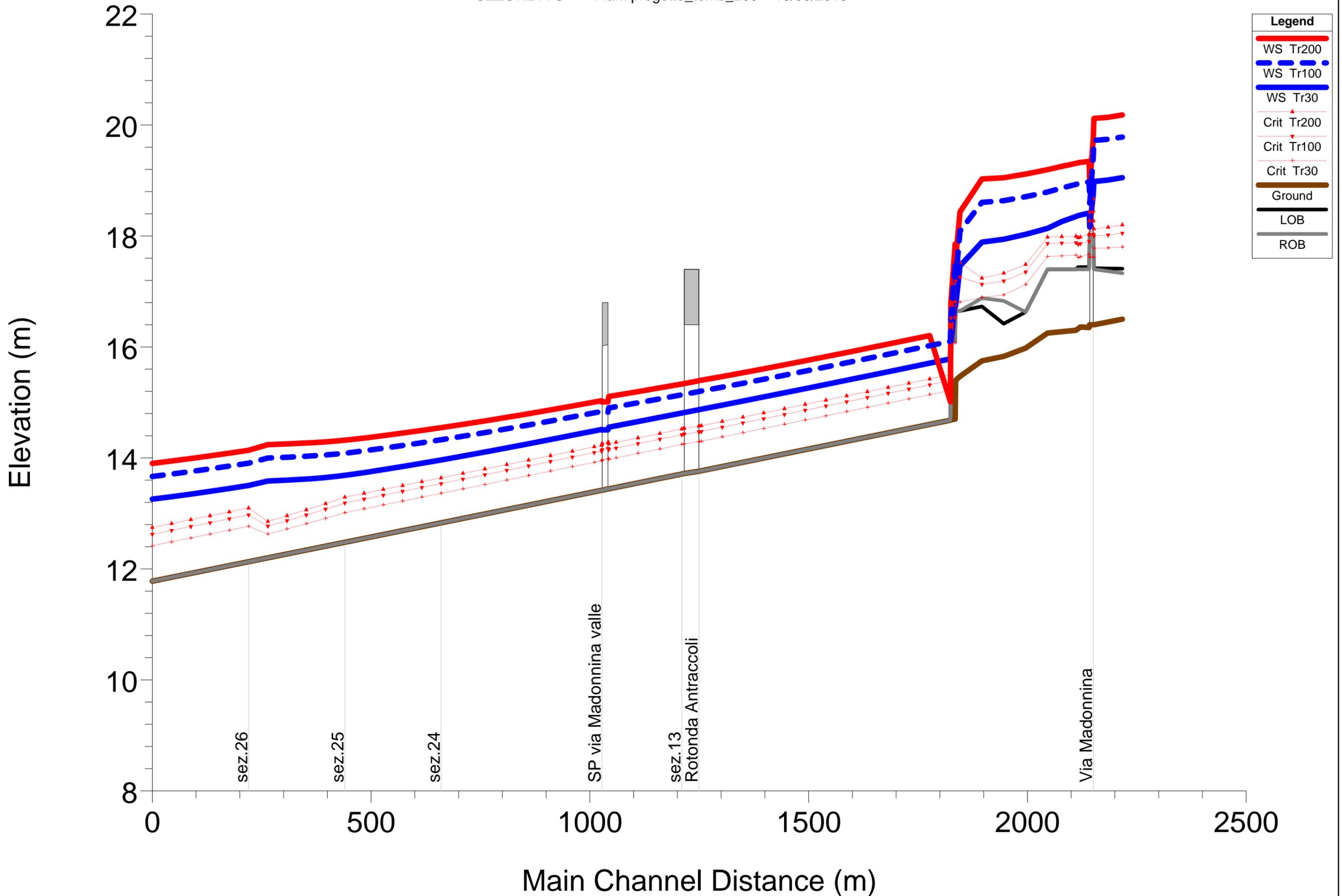
HEC-RAS Plan: STATO DI FATTO River: OZZORETTO Reach: 1 (Continued)

| Reach | River Sta | Q Total<br>(m3/s) | Min Ch El<br>(m) | W.S. Elev<br>(m) | Crit W.S.<br>(m) | E.G. Elev<br>(m) | E.G. Slope<br>(m/m) | Vel Chnl<br>(m/s) | Flow Area<br>(m2) | Top Width<br>(m) | Froude # Chl |
|-------|-----------|-------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|---------------------|-------------------|-------------------|------------------|--------------|
| 1     | 1760      | 12.60             | 14.53            | 16.93            | 15.57            | 16.94            | 0.000265            | 0.43              | 43.00             | 63.95            | 0.11         |
| 1     | 1760      | 24.10             | 14.53            | 17.95            | 15.97            | 17.95            | 0.000063            | 0.29              | 107.96            | 63.95            | 0.06         |
| 1     | 1760      | 19.50             | 14.53            | 17.58            | 15.82            | 17.58            | 0.000090            | 0.31              | 84.07             | 63.95            | 0.07         |
| 1     | 1710      | 12.60             | 14.37            | 16.91            | 15.55            | 16.92            | 0.000415            | 0.53              | 30.25             | 34.62            | 0.13         |
| 1     | 1710      | 24.10             | 14.37            | 17.94            | 15.95            | 17.95            | 0.000075            | 0.31              | 99.74             | 60.35            | 0.06         |
| 1     | 1710      | 19.50             | 14.37            | 17.57            | 15.80            | 17.57            | 0.000109            | 0.34              | 77.09             | 60.35            | 0.07         |
| 1     | 1660      | 12.60             | 14.37            | 16.89            | 15.52            | 16.90            | 0.000465            | 0.55              | 28.34             | 33.41            | 0.14         |
| 1     | 1660      | 24.10             | 14.37            | 17.94            | 15.90            | 17.94            | 0.000139            | 0.42              | 71.17             | 41.94            | 0.08         |
| 1     | 1660      | 19.50             | 14.37            | 17.56            | 15.76            | 17.57            | 0.000191            | 0.44              | 55.32             | 41.94            | 0.09         |
| 1     | 1610      | 12.60             | 14.34            | 16.87            | 15.61            | 16.88            | 0.000434            | 0.51              | 30.56             | 34.98            | 0.13         |
| 1     | 1610      | 24.10             | 14.34            | 17.93            | 15.99            | 17.94            | 0.000094            | 0.34              | 92.25             | 62.37            | 0.07         |
| 1     | 1610      | 19.50             | 14.34            | 17.55            | 15.85            | 17.56            | 0.000144            | 0.38              | 68.52             | 62.37            | 0.08         |
| 1     | 1560      | 12.60             | 14.53            | 16.85            | 15.46            | 16.86            | 0.000407            | 0.51              | 31.16             | 63.96            | 0.13         |
| 1     | 1560      | 24.10             | 14.53            | 17.93            | 15.83            | 17.93            | 0.000068            | 0.30              | 107.70            | 70.67            | 0.06         |
| 1     | 1560      | 19.50             | 14.53            | 17.55            | 15.69            | 17.55            | 0.000105            | 0.33              | 80.67             | 70.67            | 0.07         |
| 1     | 1510      | 12.60             | 14.53            | 16.80            | 15.45            | 16.83            | 0.000788            | 0.71              | 17.74             | 11.02            | 0.18         |
| 1     | 1510      | 24.10             | 14.53            | 17.93            | 15.81            | 17.93            | 0.000050            | 0.25              | 124.35            | 76.94            | 0.05         |
| 1     | 1510      | 19.50             | 14.53            | 17.54            | 15.68            | 17.55            | 0.000075            | 0.28              | 94.83             | 76.94            | 0.06         |
| 1     | 1460      | 12.60             | 14.46            | 16.81            | 15.23            | 16.81            | 0.000053            | 0.21              | 78.46             | 72.03            | 0.05         |
| 1     | 1460      | 24.10             | 14.46            | 17.93            | 15.59            | 17.93            | 0.000021            | 0.18              | 158.70            | 72.03            | 0.03         |
| 1     | 1460      | 19.50             | 14.46            | 17.54            | 15.46            | 17.54            | 0.000026            | 0.18              | 131.05            | 72.03            | 0.04         |
| 1     | 1410      | 12.60             | 14.59            | 16.80            | 15.37            | 16.81            | 0.000168            | 0.33              | 50.46             | 59.73            | 0.08         |
| 1     | 1410      | 24.10             | 14.59            | 17.92            | 15.73            | 17.93            | 0.000046            | 0.25              | 117.26            | 59.73            | 0.05         |
| 1     | 1410      | 19.50             | 14.59            | 17.54            | 15.60            | 17.54            | 0.000060            | 0.26              | 94.30             | 59.73            | 0.05         |
| 1     | 1360      | 12.60             | 14.48            | 16.79            | 15.35            | 16.80            | 0.000300            | 0.48              | 34.34             | 38.29            | 0.11         |
| 1     | 1360      | 24.10             | 14.48            | 17.92            | 15.74            | 17.92            | 0.000100            | 0.38              | 77.53             | 38.29            | 0.07         |
| 1     | 1360      | 19.50             | 14.48            | 17.53            | 15.59            | 17.54            | 0.000125            | 0.39              | 62.78             | 38.29            | 0.08         |
| 1     | 1310      | 12.60             | 14.42            | 16.78            | 15.21            | 16.78            | 0.000241            | 0.44              | 38.16             | 41.43            | 0.10         |
| 1     | 1310      | 24.10             | 14.42            | 17.91            | 15.58            | 17.92            | 0.000082            | 0.35              | 85.25             | 41.43            | 0.06         |
| 1     | 1310      | 19.50             | 14.42            | 17.53            | 15.44            | 17.53            | 0.000102            | 0.36              | 69.24             | 41.43            | 0.07         |
| 1     | 1260      | 12.60             | 14.37            | 16.76            | 15.24            | 16.77            | 0.000253            | 0.46              | 38.94             | 51.18            | 0.11         |
| 1     | 1260      | 24.10             | 14.37            | 17.91            | 15.63            | 17.91            | 0.000066            | 0.32              | 97.62             | 51.18            | 0.06         |
| 1     | 1260      | 19.50             | 14.37            | 17.52            | 15.49            | 17.53            | 0.000087            | 0.33              | 77.78             | 51.18            | 0.07         |
| 1     | 1255      | 12.60             | 14.40            | 16.73            | 15.12            | 16.77            | 0.001118            | 0.82              | 15.28             | 6.61             | 0.17         |
| 1     | 1255      | 24.10             | 14.40            | 17.85            | 15.51            | 17.91            | 0.001401            | 1.06              | 22.67             | 6.61             | 0.18         |
| 1     | 1255      | 19.50             | 14.40            | 17.47            | 15.37            | 17.52            | 0.001251            | 0.97              | 20.19             | 6.61             | 0.18         |
| 1     | 1250      | Bridge            |                  |                  |                  |                  |                     |                   |                   |                  |              |
| 1     | 1215      | 12.60             | 13.94            | 16.60            | 14.66            | 16.63            | 0.000777            | 0.72              | 17.44             | 6.61             | 0.14         |
| 1     | 1215      | 24.10             | 13.94            | 17.68            | 15.05            | 17.73            | 0.001135            | 0.98              | 24.56             | 6.61             | 0.16         |
| 1     | 1215      | 19.50             | 13.94            | 17.31            | 14.91            | 17.35            | 0.000982            | 0.88              | 22.10             | 6.61             | 0.15         |
| 1     | 1210      | 12.60             | 13.94            | 16.61            | 15.10            | 16.62            | 0.000419            | 0.54              | 28.23             | 28.63            | 0.13         |
| 1     | 1210      | 24.10             | 13.94            | 17.71            | 15.57            | 17.71            | 0.000162            | 0.47              | 61.96             | 30.89            | 0.09         |
| 1     | 1210      | 19.50             | 13.94            | 17.33            | 15.40            | 17.34            | 0.000199            | 0.47              | 50.28             | 30.88            | 0.10         |
| 1     | 1180      | 12.60             | 14.23            | 16.58            | 15.10            | 16.60            | 0.000727            | 0.66              | 19.28             | 17.30            | 0.17         |
| 1     | 1180      | 24.10             | 14.23            | 17.68            | 15.50            | 17.71            | 0.000395            | 0.67              | 38.35             | 17.30            | 0.13         |
| 1     | 1180      | 19.50             | 14.23            | 17.31            | 15.36            | 17.33            | 0.000445            | 0.65              | 31.80             | 17.30            | 0.14         |
| 1     | 1175      | Bridge            |                  |                  |                  |                  |                     |                   |                   |                  |              |
| 1     | 1170      | 12.60             | 14.20            | 16.43            | 15.07            | 16.45            | 0.000941            | 0.72              | 17.48             | 12.52            | 0.19         |
| 1     | 1170      | 24.10             | 14.20            | 17.50            | 15.47            | 17.52            | 0.000487            | 0.72              | 35.66             | 17.30            | 0.15         |
| 1     | 1170      | 19.50             | 14.20            | 17.07            | 15.33            | 17.10            | 0.000623            | 0.73              | 28.24             | 17.30            | 0.16         |
| 1     | 1160      | 12.60             | 13.89            | 16.42            | 14.98            | 16.45            | 0.000850            | 0.72              | 18.54             | 19.17            | 0.19         |
| 1     | 1160      | 24.10             | 13.89            | 17.51            | 15.41            | 17.52            | 0.000156            | 0.43              | 69.01             | 38.47            | 0.09         |
| 1     | 1160      | 19.50             | 13.89            | 17.08            | 15.25            | 17.09            | 0.000235            | 0.46              | 52.47             | 38.47            | 0.10         |
| 1     | 1110      | 12.60             | 13.74            | 16.39            | 14.70            | 16.41            | 0.000550            | 0.62              | 23.22             | 25.77            | 0.15         |
| 1     | 1110      | 24.10             | 13.74            | 17.50            | 15.12            | 17.51            | 0.000158            | 0.45              | 66.10             | 34.13            | 0.09         |

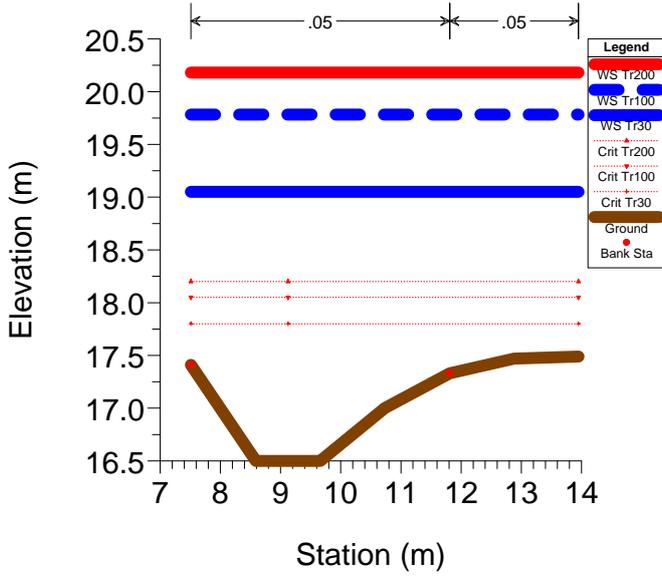
HEC-RAS Plan: STATO DI FATTO River: OZZORETTO Reach: 1 (Continued)

| Reach | River Sta | Q Total<br>(m3/s) | Min Ch El<br>(m) | W.S. Elev<br>(m) | Crit W.S.<br>(m) | E.G. Elev<br>(m) | E.G. Slope<br>(m/m) | Vel Chnl<br>(m/s) | Flow Area<br>(m2) | Top Width<br>(m) | Froude # Chl |
|-------|-----------|-------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|---------------------|-------------------|-------------------|------------------|--------------|
| 1     | 1110      | 19.50             | 13.74            | 17.07            | 14.96            | 17.08            | 0.000223            | 0.47              | 51.31             | 34.13            | 0.10         |
| 1     | 1060      | 12.60             | 13.68            | 16.36            | 14.64            | 16.38            | 0.000587            | 0.64              | 20.68             | 17.76            | 0.16         |
| 1     | 1060      | 24.10             | 13.68            | 17.50            | 15.07            | 17.50            | 0.000080            | 0.32              | 88.56             | 41.90            | 0.06         |
| 1     | 1060      | 19.50             | 13.68            | 17.06            | 14.91            | 17.07            | 0.000108            | 0.33              | 70.34             | 41.90            | 0.07         |
| 1     | 1040      | 12.60             | 13.66            | 16.36            | 14.31            | 16.37            | 0.000344            | 0.51              | 25.42             | 17.74            | 0.11         |
| 1     | 1040      | 24.10             | 13.66            | 17.48            | 14.65            | 17.50            | 0.000259            | 0.56              | 46.26             | 18.62            | 0.10         |
| 1     | 1040      | 19.50             | 13.66            | 17.05            | 14.52            | 17.06            | 0.000295            | 0.55              | 38.16             | 18.62            | 0.11         |
| 1     | 1035      | Bridge            |                  |                  |                  |                  |                     |                   |                   |                  |              |
| 1     | 1030      | 12.60             | 13.64            | 16.33            | 14.29            | 16.34            | 0.000352            | 0.52              | 25.04             | 17.64            | 0.11         |
| 1     | 1030      | 24.10             | 13.64            | 17.47            | 14.63            | 17.48            | 0.000262            | 0.56              | 46.11             | 18.62            | 0.10         |
| 1     | 1030      | 19.50             | 13.64            | 17.02            | 14.50            | 17.04            | 0.000301            | 0.55              | 37.86             | 18.62            | 0.11         |
| 1     | 1010      | 12.60             | 13.63            | 16.32            | 14.68            | 16.33            | 0.000802            | 0.56              | 24.77             | 40.44            | 0.17         |
| 1     | 1010      | 24.10             | 13.63            | 17.47            | 15.11            | 17.47            | 0.000139            | 0.38              | 71.41             | 40.44            | 0.08         |
| 1     | 1010      | 19.50             | 13.63            | 17.02            | 14.95            | 17.03            | 0.000224            | 0.42              | 53.40             | 40.44            | 0.10         |
| 1     | 960       | 12.60             | 13.55            | 16.29            | 14.54            | 16.30            | 0.000392            | 0.53              | 31.01             | 56.47            | 0.13         |
| 1     | 960       | 24.10             | 13.55            | 17.47            | 14.96            | 17.47            | 0.000072            | 0.32              | 97.40             | 56.47            | 0.06         |
| 1     | 960       | 19.50             | 13.55            | 17.02            | 14.81            | 17.02            | 0.000116            | 0.36              | 72.09             | 56.47            | 0.07         |
| 1     | 910       | 12.60             | 13.50            | 16.28            | 14.46            | 16.29            | 0.000214            | 0.37              | 42.04             | 46.59            | 0.09         |
| 1     | 910       | 24.10             | 13.50            | 17.46            | 14.86            | 17.47            | 0.000062            | 0.29              | 97.09             | 46.59            | 0.06         |
| 1     | 910       | 19.50             | 13.50            | 17.01            | 14.72            | 17.02            | 0.000087            | 0.30              | 76.16             | 46.59            | 0.06         |
| 1     | 860       | 12.60             | 13.48            | 16.28            | 14.48            | 16.28            | 0.000099            | 0.27              | 68.82             | 92.28            | 0.06         |
| 1     | 860       | 24.10             | 13.48            | 17.46            | 14.97            | 17.46            | 0.000020            | 0.17              | 178.32            | 92.28            | 0.03         |
| 1     | 860       | 19.50             | 13.48            | 17.01            | 14.77            | 17.01            | 0.000030            | 0.19              | 136.79            | 92.28            | 0.04         |
| 1     | 810       | 12.60             | 13.45            | 16.26            | 14.34            | 16.27            | 0.000262            | 0.51              | 29.22             | 19.63            | 0.11         |
| 1     | 810       | 24.10             | 13.45            | 17.45            | 14.78            | 17.46            | 0.000168            | 0.54              | 53.07             | 20.07            | 0.09         |
| 1     | 810       | 19.50             | 13.45            | 17.00            | 14.62            | 17.01            | 0.000192            | 0.53              | 44.04             | 20.07            | 0.10         |
| 1     | 760       | 12.60             | 13.43            | 16.25            | 14.32            | 16.26            | 0.000165            | 0.40              | 38.75             | 27.80            | 0.08         |
| 1     | 760       | 24.10             | 13.43            | 17.45            | 14.74            | 17.45            | 0.000093            | 0.40              | 73.66             | 31.05            | 0.07         |
| 1     | 760       | 19.50             | 13.43            | 16.99            | 14.58            | 17.00            | 0.000111            | 0.40              | 59.97             | 29.61            | 0.07         |
| 1     | 710       | 12.60             | 13.40            | 16.24            | 14.37            | 16.25            | 0.000149            | 0.40              | 38.67             | 24.34            | 0.08         |
| 1     | 710       | 24.10             | 13.40            | 17.44            | 14.82            | 17.45            | 0.000098            | 0.42              | 67.80             | 24.34            | 0.07         |
| 1     | 710       | 19.50             | 13.40            | 16.99            | 14.66            | 17.00            | 0.000111            | 0.41              | 56.80             | 24.34            | 0.07         |
| 1     | 660       | 12.60             | 13.37            | 16.24            | 14.44            | 16.24            | 0.000087            | 0.31              | 55.85             | 43.52            | 0.06         |
| 1     | 660       | 24.10             | 13.37            | 17.44            | 15.02            | 17.44            | 0.000042            | 0.28              | 108.07            | 43.52            | 0.05         |
| 1     | 660       | 19.50             | 13.37            | 16.99            | 14.72            | 16.99            | 0.000051            | 0.28              | 88.37             | 43.52            | 0.05         |
| 1     | 440       | 12.60             | 12.76            | 16.20            | 13.85            | 16.21            | 0.000289            | 0.51              | 24.49             | 9.60             | 0.10         |
| 1     | 440       | 24.10             | 12.76            | 17.39            | 14.30            | 17.42            | 0.000366            | 0.67              | 35.99             | 9.60             | 0.11         |
| 1     | 440       | 19.50             | 12.76            | 16.94            | 14.13            | 16.96            | 0.000339            | 0.62              | 31.66             | 9.60             | 0.11         |
| 1     | 220       | 24.70             | 12.53            | 16.11            | 14.05            | 16.14            | 0.000786            | 0.85              | 29.21             | 12.20            | 0.17         |
| 1     | 220       | 46.70             | 12.53            | 17.28            | 14.68            | 17.33            | 0.000897            | 1.07              | 43.48             | 12.20            | 0.18         |
| 1     | 220       | 37.90             | 12.53            | 16.83            | 14.45            | 16.88            | 0.000859            | 0.99              | 38.11             | 12.20            | 0.18         |
| 1     | 0         | 24.70             | 12.49            | 15.91            | 14.01            | 15.96            | 0.001000            | 0.99              | 26.48             | 13.20            | 0.20         |
| 1     | 0         | 46.70             | 12.49            | 17.07            | 14.65            | 17.14            | 0.001000            | 1.20              | 41.83             | 13.20            | 0.20         |
| 1     | 0         | 37.90             | 12.49            | 16.63            | 14.41            | 16.70            | 0.001000            | 1.13              | 36.04             | 13.20            | 0.20         |

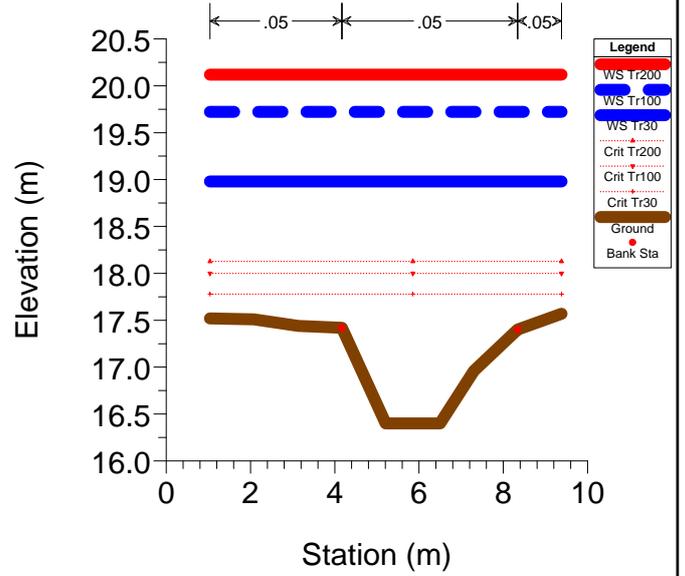
**RISULTATI DEI CALCOLO IDRAULICI  
MODELLO MONODIMENSIONALE  
CANALE OZZORETTO  
CONFIGURAZIONE STATO DI ADEGUAMENTO DEL CORSO  
D'ACQUA**



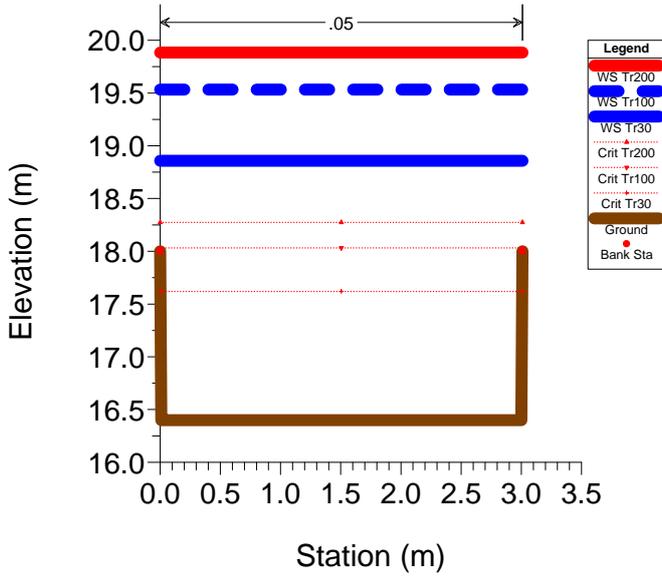
### RS = 2225



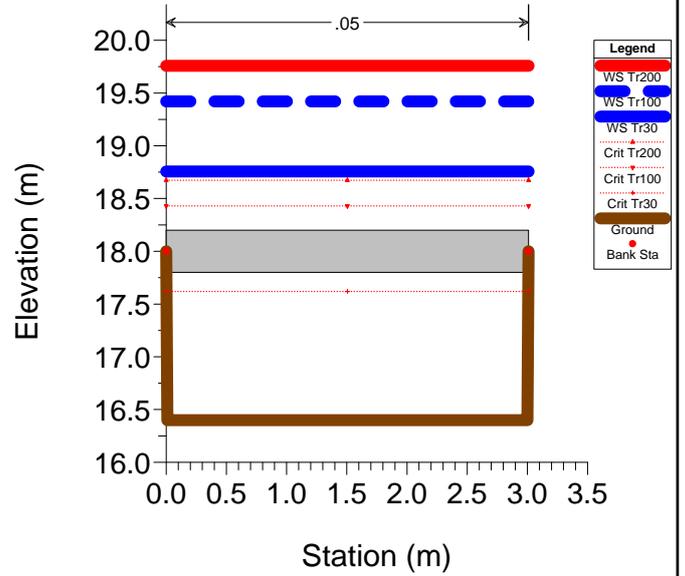
### RS = 2160



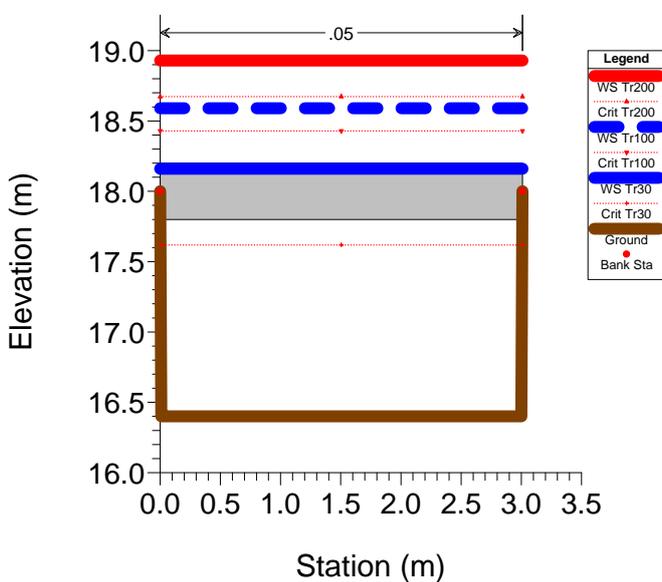
### RS = 2159



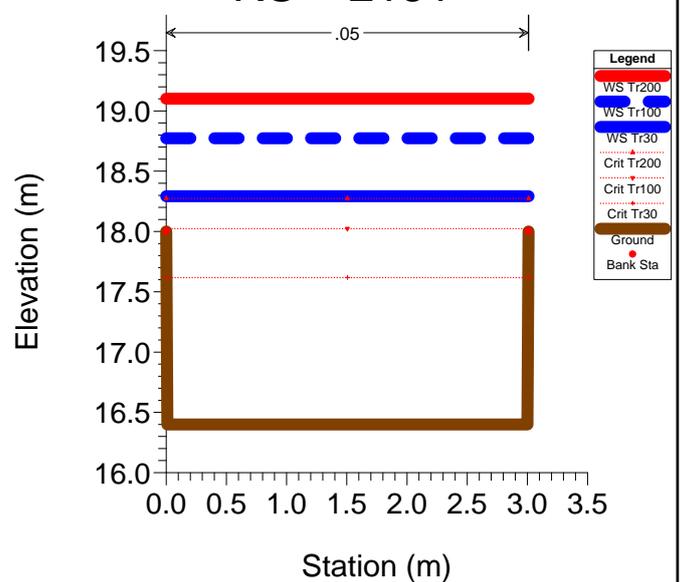
### RS = 2158 BR Via Madonnina



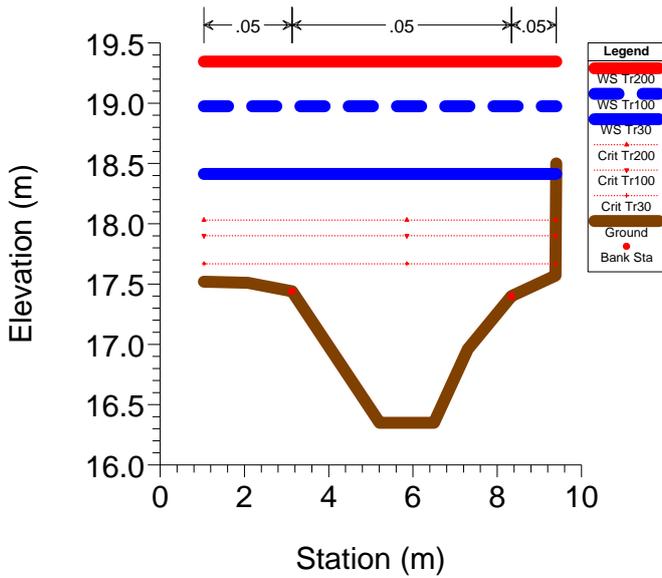
### RS = 2158 BR Via Madonnina



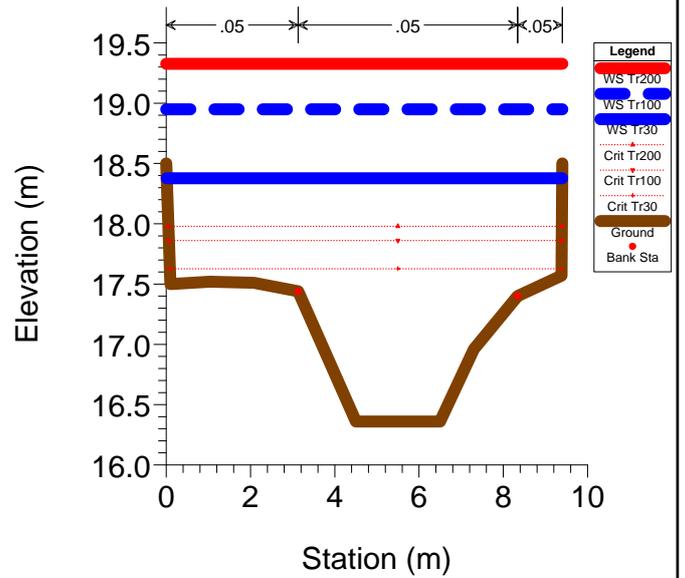
### RS = 2151



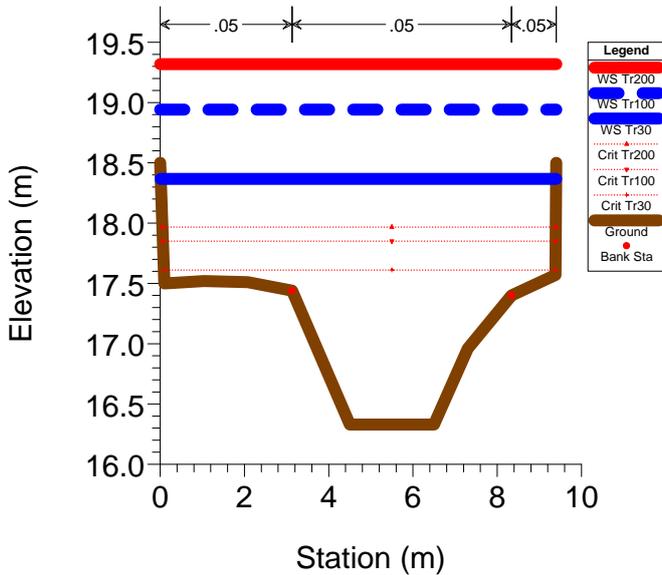
### RS = 2150



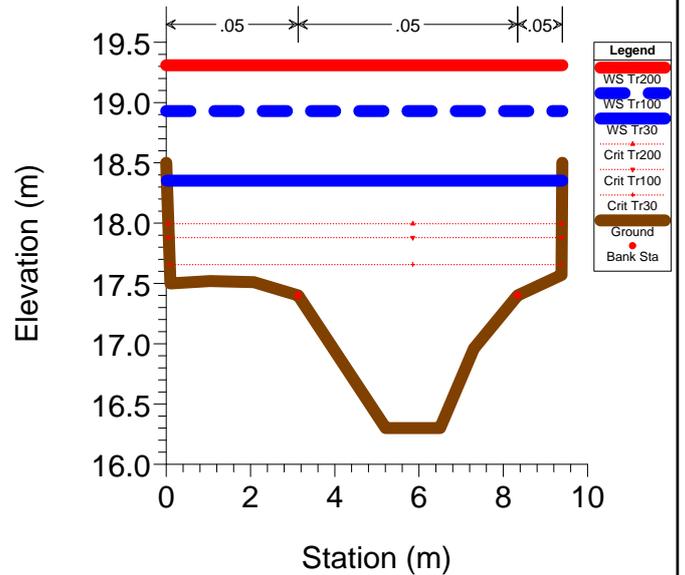
### RS = 2130



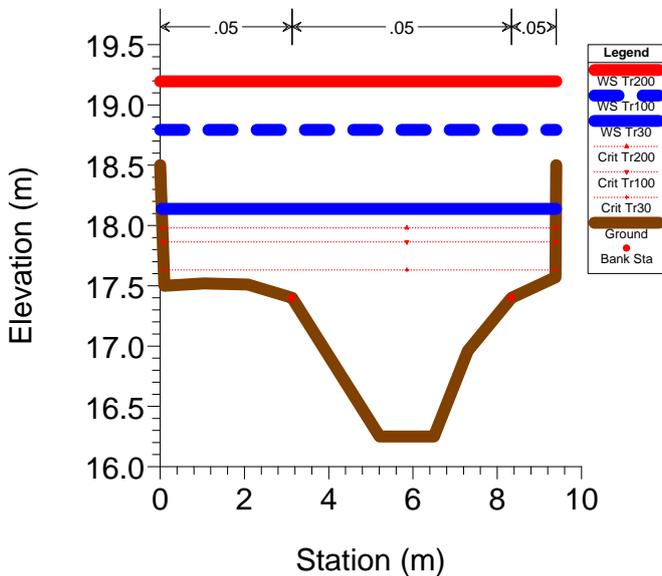
### RS = 2120



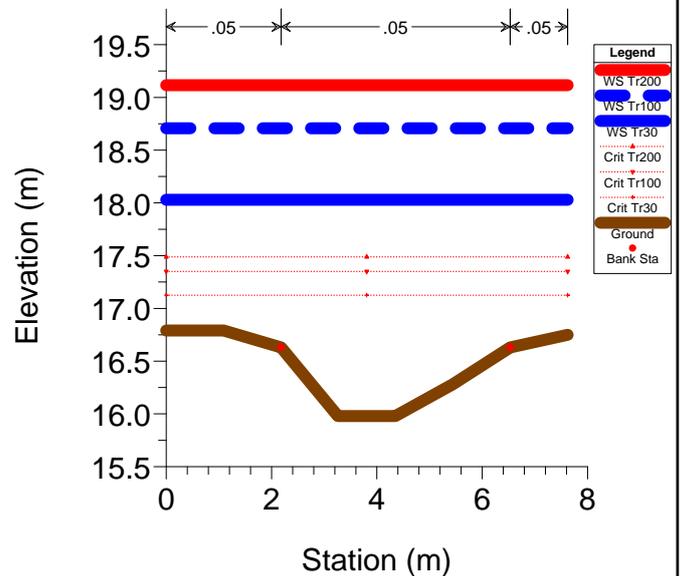
### RS = 2115



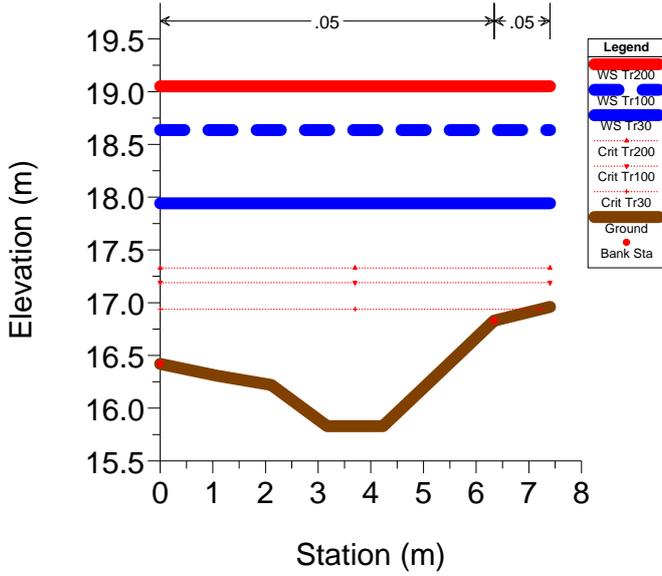
### RS = 2050



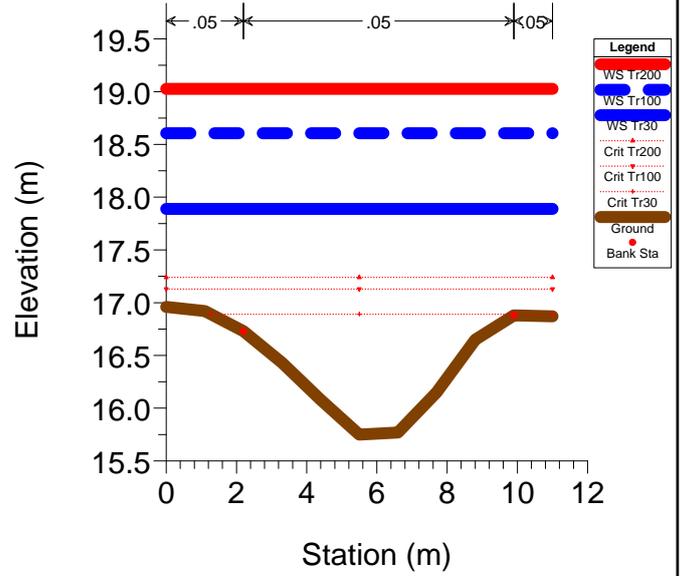
### RS = 2000



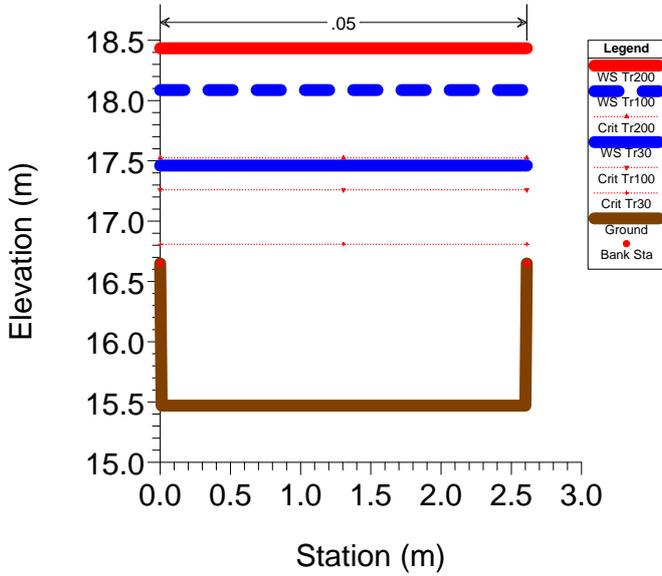
### RS = 1950



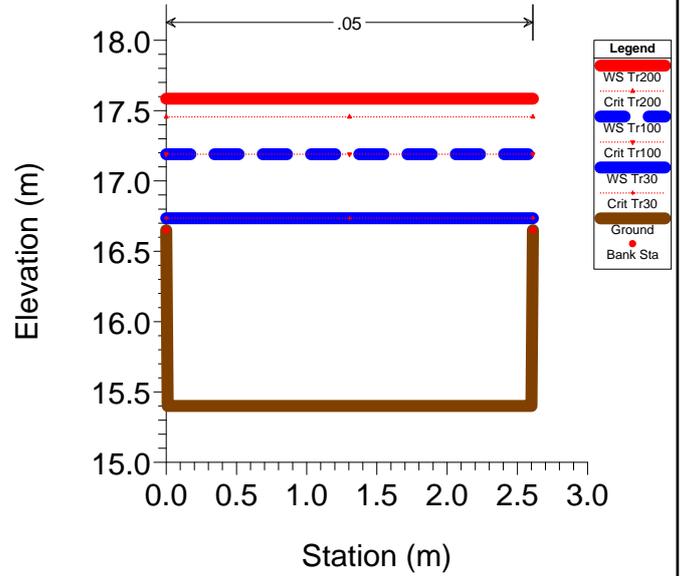
### RS = 1900



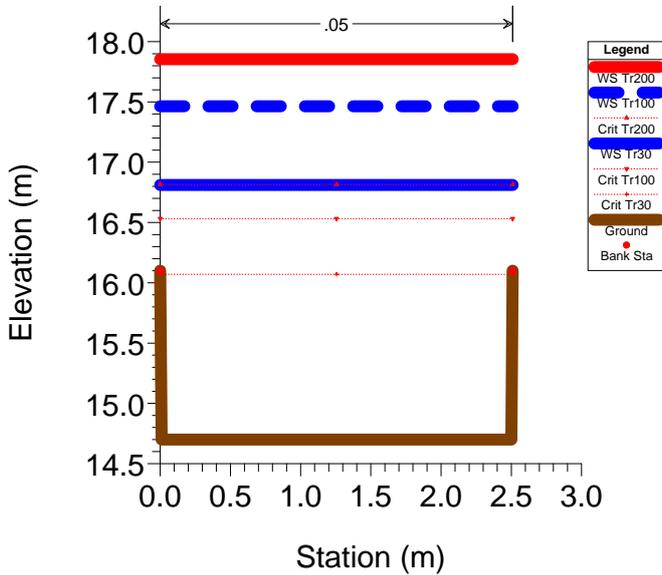
### RS = 1850



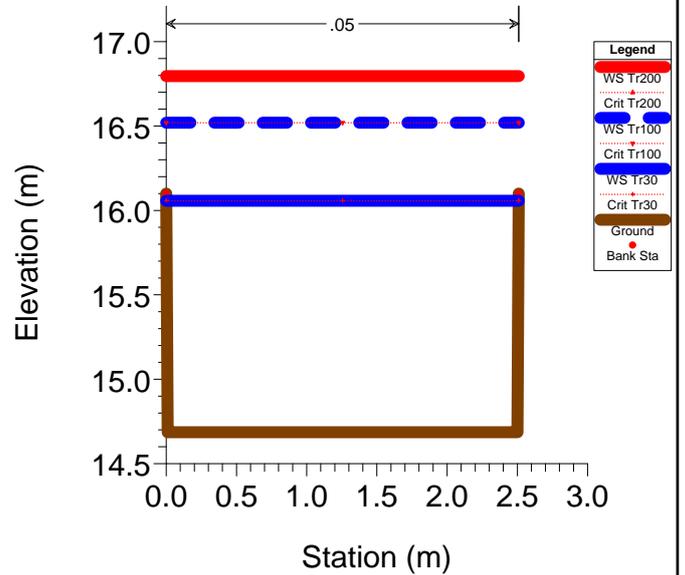
### RS = 1840



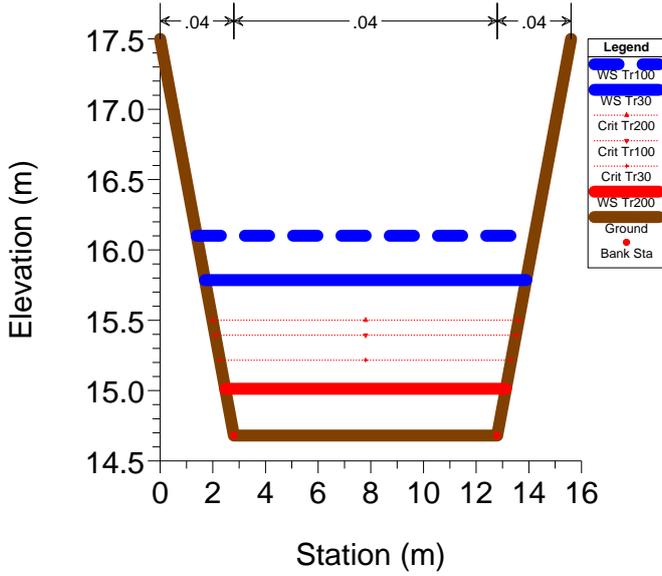
### RS = 1839



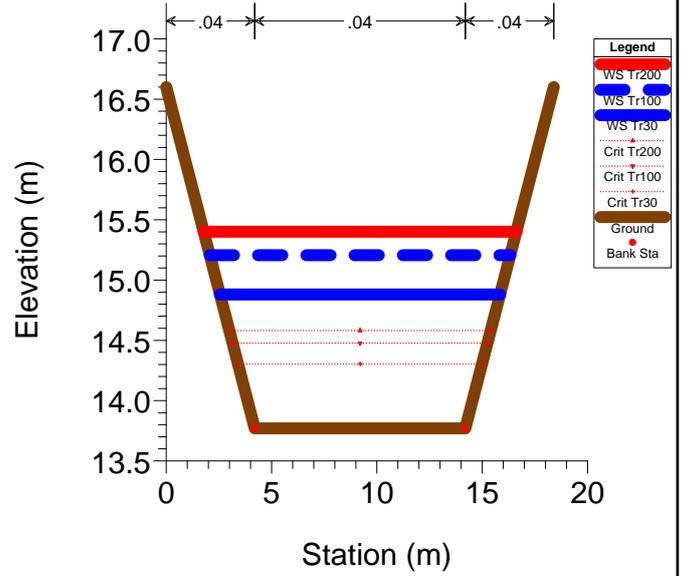
### RS = 1830



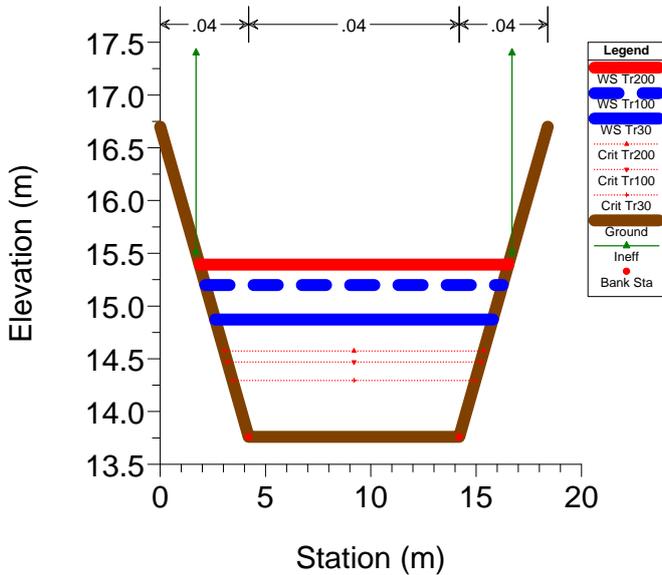
### RS = 1829



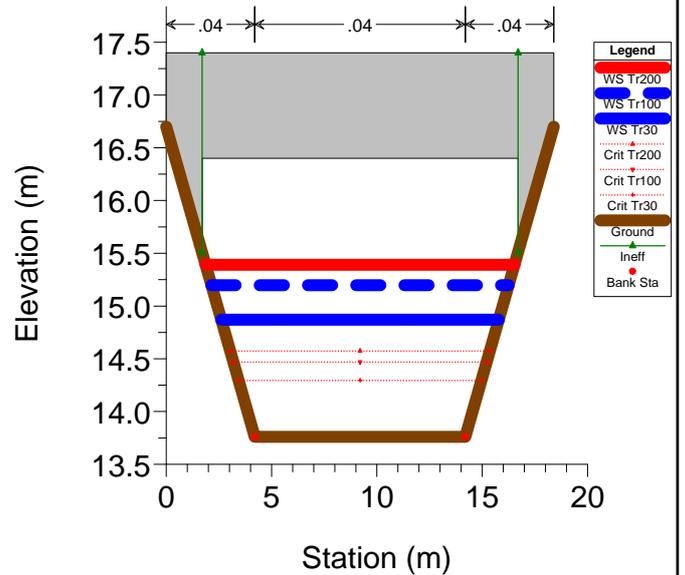
### RS = 1260 sez.12



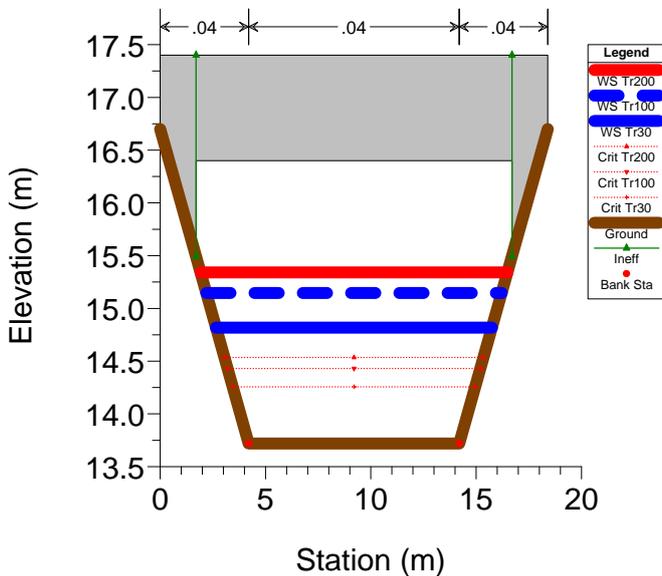
### RS = 1255 sez.12 rotonda antraccoli



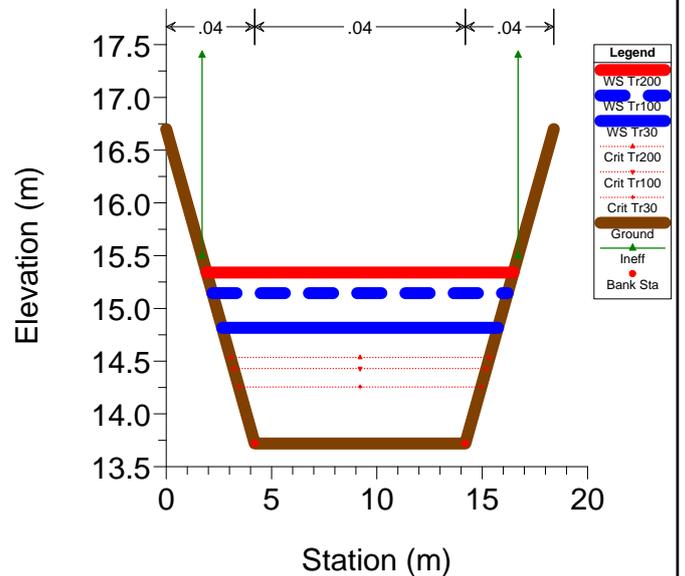
### RS = 1250 BR Rotonda Antraccoli



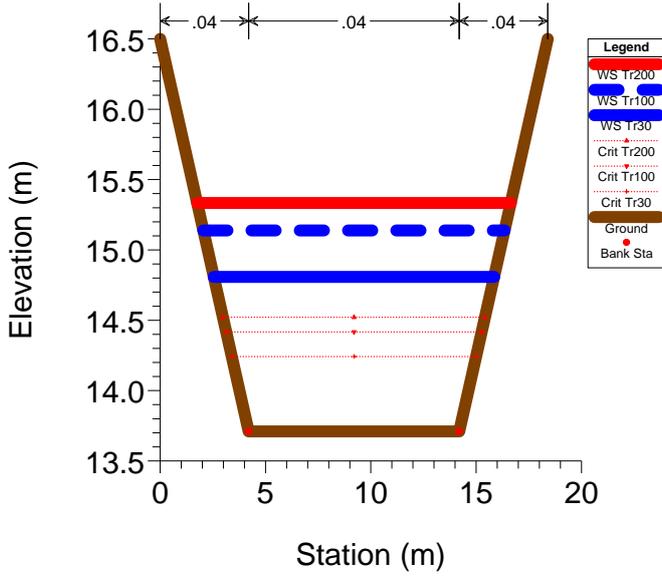
### RS = 1250 BR Rotonda Antraccoli



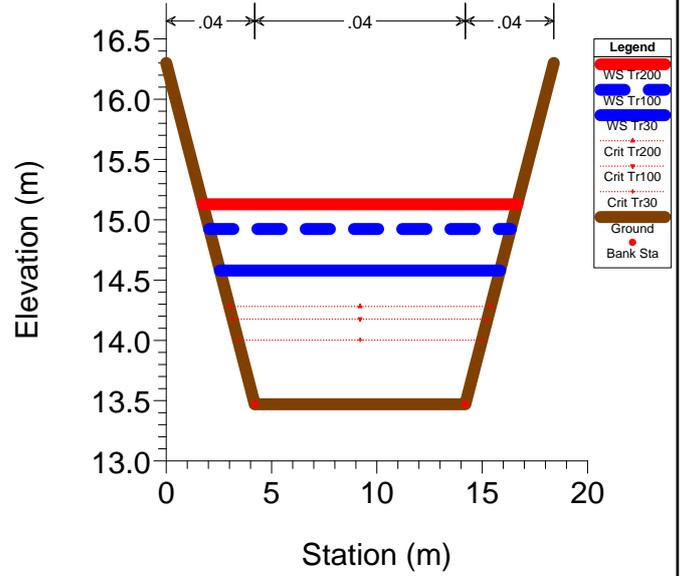
### RS = 1215 sez.13



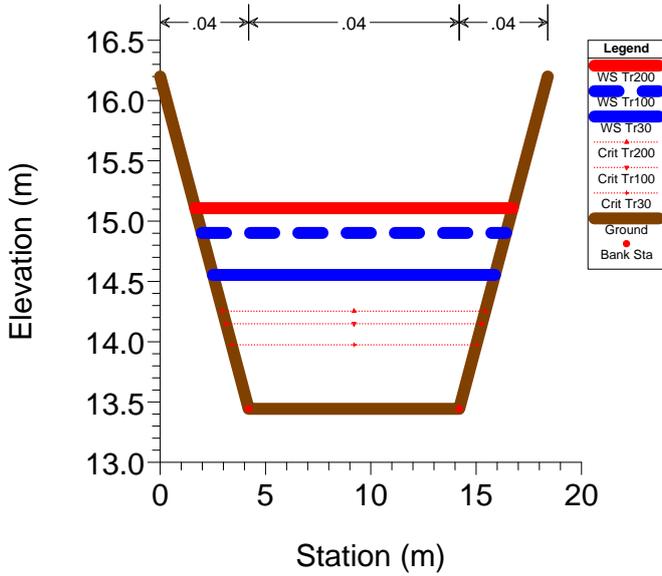
### RS = 1210 sez.13



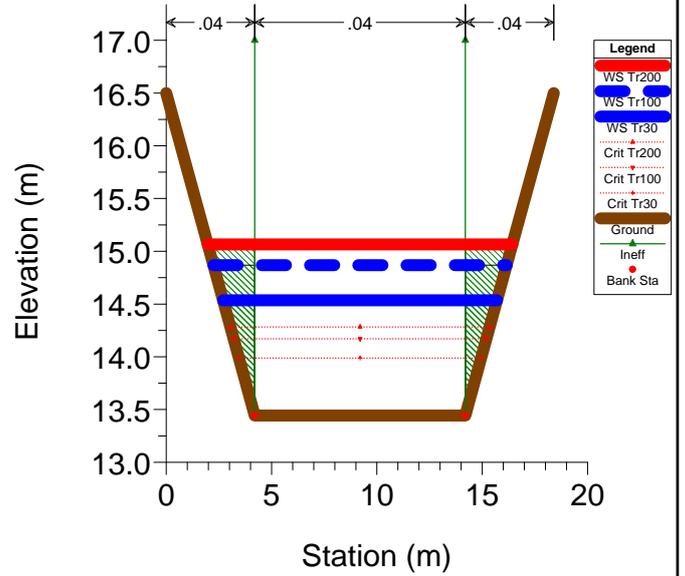
### RS = 1060



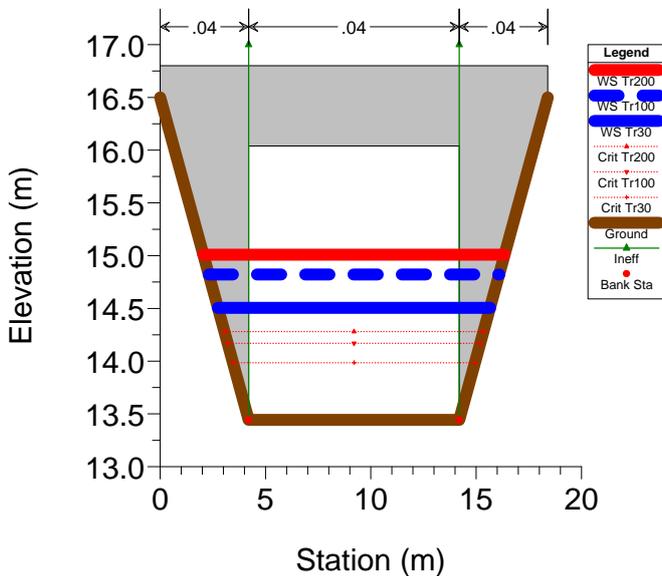
### RS = 1043



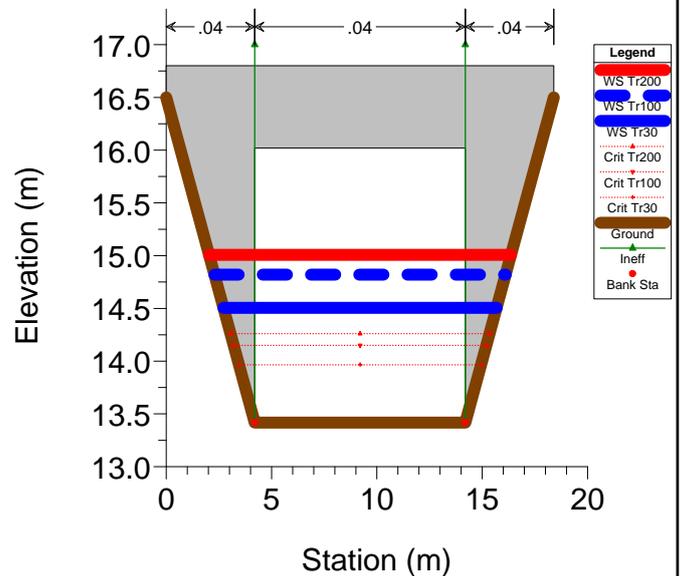
### RS = 1042 SP via Madonnina monte



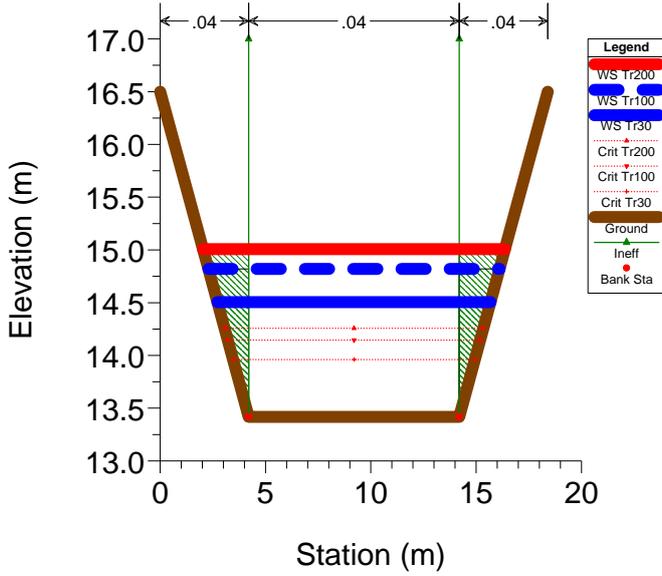
### RS = 1040 Culv via Madonnina



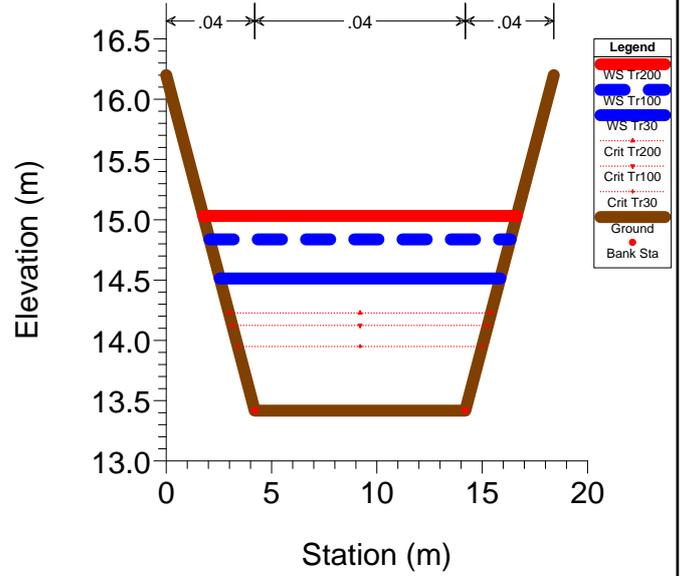
### RS = 1040 Culv via Madonnina



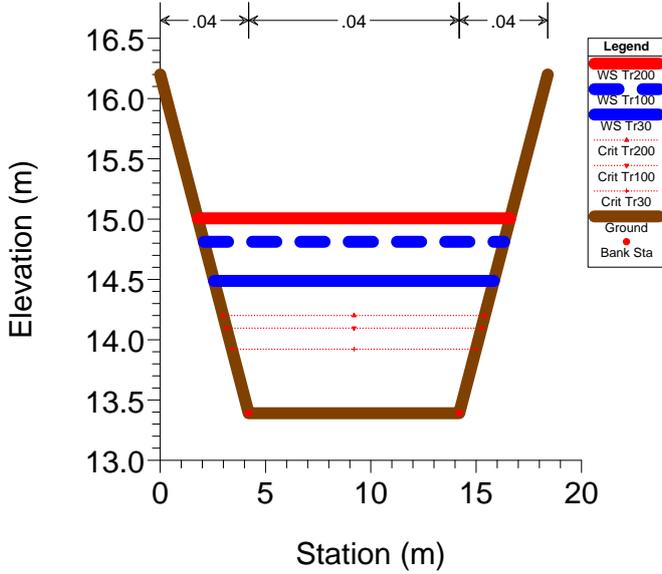
### RS = 1027 SP via Madonnina valle



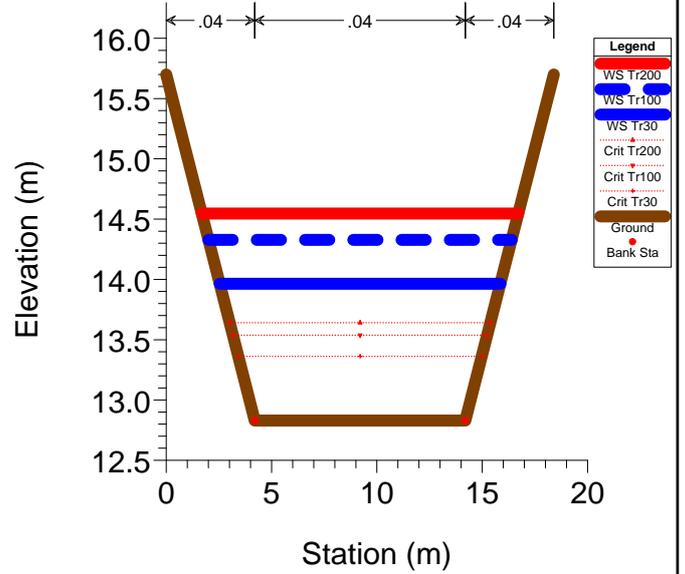
### RS = 1026



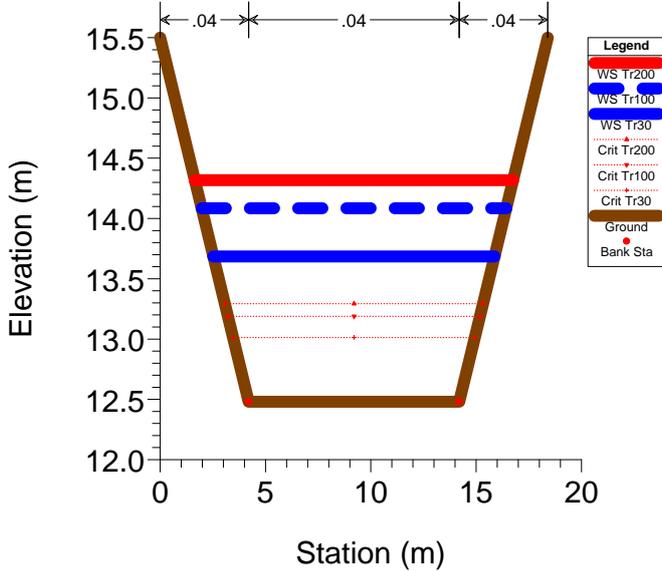
### RS = 1010



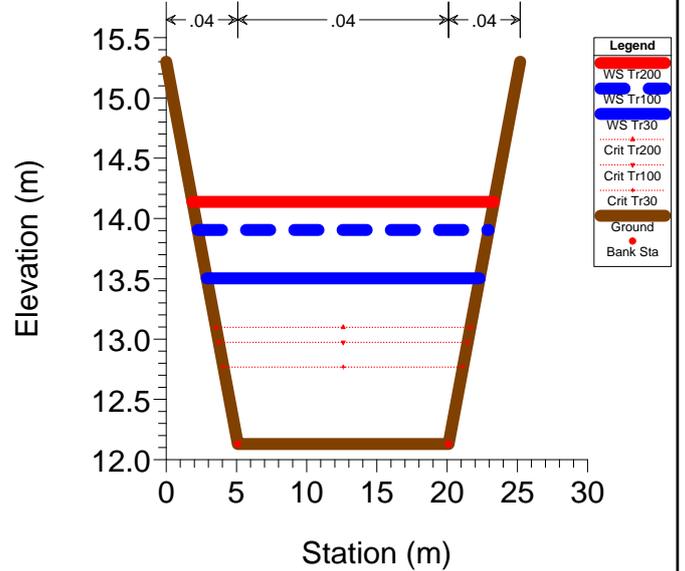
### RS = 660 sez.24



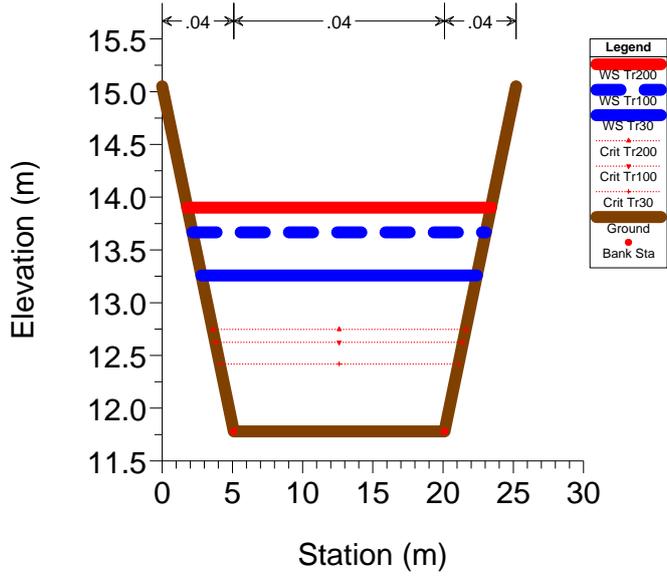
### RS = 440 sez.25



### RS = 220 sez.26



# RS = 0 sez.27



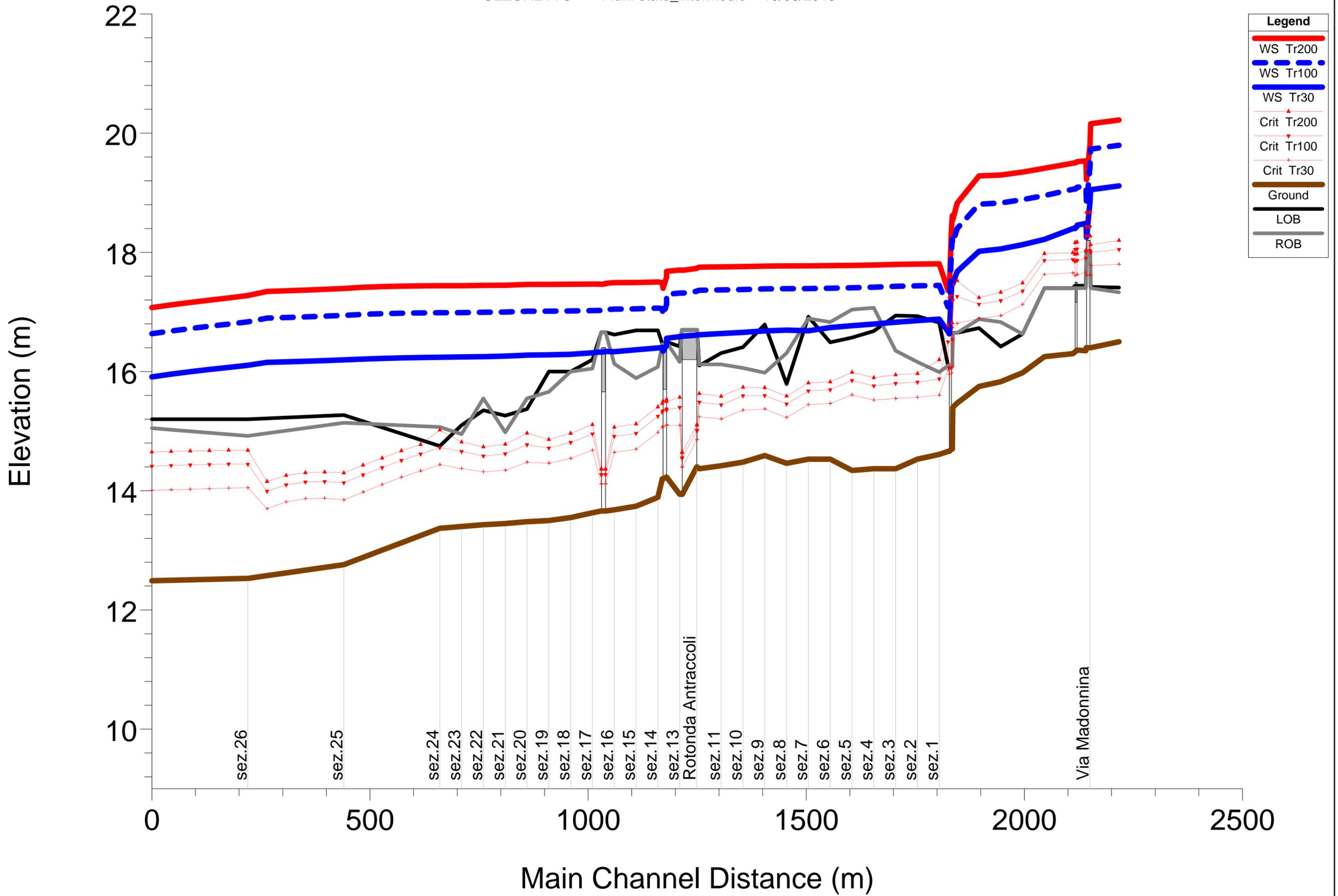
HEC-RAS Plan: PRO TOMB Tr200 River: OZZORETTO Reach: 1

| Reach | River Sta | Q Total<br>(m3/s) | Min Ch El<br>(m) | W.S. Elev<br>(m) | Crit W.S.<br>(m) | E.G. Elev<br>(m) | E.G. Slope<br>(m/m) | Vel Chnl<br>(m/s) | Flow Area<br>(m2) | Top Width<br>(m) | Froude # Chl |
|-------|-----------|-------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|---------------------|-------------------|-------------------|------------------|--------------|
| 1     | 2225      | 12.60             | 16.50            | 19.05            | 17.80            | 19.10            | 0.001634            | 1.05              | 12.94             | 6.44             | 0.23         |
| 1     | 2225      | 24.10             | 16.50            | 20.18            | 18.20            | 20.26            | 0.001768            | 1.29              | 20.21             | 6.44             | 0.23         |
| 1     | 2225      | 19.50             | 16.50            | 19.78            | 18.05            | 19.85            | 0.001665            | 1.19              | 17.66             | 6.44             | 0.22         |
| 1     | 2160      | 12.60             | 16.40            | 18.98            | 17.78            | 19.02            | 0.000989            | 0.96              | 15.47             | 8.34             | 0.21         |
| 1     | 2160      | 24.10             | 16.40            | 20.12            | 18.13            | 20.18            | 0.000862            | 1.19              | 24.97             | 8.34             | 0.21         |
| 1     | 2160      | 19.50             | 16.40            | 19.72            | 18.00            | 19.77            | 0.000864            | 1.09              | 21.65             | 8.34             | 0.20         |
| 1     | 2159      | 12.60             | 16.40            | 18.86            | 17.62            | 19.01            | 0.007978            | 1.71              | 7.38              | 3.01             | 0.35         |
| 1     | 2159      | 24.10             | 16.40            | 19.88            | 18.27            | 20.15            | 0.012395            | 2.30              | 10.47             | 3.01             | 0.39         |
| 1     | 2159      | 19.50             | 16.40            | 19.53            | 18.03            | 19.75            | 0.010486            | 2.07              | 9.41              | 3.01             | 0.37         |
| 1     | 2158      | Bridge            |                  |                  |                  |                  |                     |                   |                   |                  |              |
| 1     | 2151      | 12.60             | 16.40            | 18.29            | 17.62            | 18.54            | 0.015552            | 2.22              | 5.68              | 3.01             | 0.52         |
| 1     | 2151      | 24.10             | 16.40            | 19.10            | 18.27            | 19.55            | 0.023068            | 2.97              | 8.11              | 3.01             | 0.58         |
| 1     | 2151      | 19.50             | 16.40            | 18.77            | 18.02            | 19.15            | 0.020889            | 2.74              | 7.13              | 3.01             | 0.57         |
| 1     | 2150      | 12.60             | 16.35            | 18.41            | 17.67            | 18.48            | 0.002321            | 1.25              | 11.40             | 8.36             | 0.31         |
| 1     | 2150      | 24.10             | 16.35            | 19.34            | 18.03            | 19.44            | 0.001757            | 1.47              | 19.19             | 8.36             | 0.29         |
| 1     | 2150      | 19.50             | 16.35            | 18.97            | 17.90            | 19.06            | 0.001963            | 1.40              | 16.09             | 8.36             | 0.30         |
| 1     | 2130      | 12.60             | 16.36            | 18.38            | 17.63            | 18.44            | 0.002041            | 1.17              | 12.31             | 9.39             | 0.29         |
| 1     | 2130      | 24.10             | 16.36            | 19.33            | 17.98            | 19.40            | 0.001449            | 1.33              | 21.23             | 9.40             | 0.26         |
| 1     | 2130      | 19.50             | 16.36            | 18.95            | 17.86            | 19.02            | 0.001646            | 1.28              | 17.69             | 9.40             | 0.27         |
| 1     | 2120      | 12.60             | 16.33            | 18.37            | 17.61            | 18.43            | 0.002043            | 1.17              | 12.30             | 9.38             | 0.29         |
| 1     | 2120      | 24.10             | 16.33            | 19.32            | 17.97            | 19.40            | 0.001447            | 1.33              | 21.25             | 9.40             | 0.26         |
| 1     | 2120      | 19.50             | 16.33            | 18.94            | 17.85            | 19.01            | 0.001644            | 1.28              | 17.70             | 9.40             | 0.27         |
| 1     | 2115      | 12.60             | 16.30            | 18.35            | 17.66            | 18.42            | 0.002253            | 1.21              | 11.91             | 9.38             | 0.30         |
| 1     | 2115      | 24.10             | 16.30            | 19.31            | 17.99            | 19.39            | 0.001513            | 1.35              | 20.91             | 9.40             | 0.27         |
| 1     | 2115      | 19.50             | 16.30            | 18.93            | 17.88            | 19.00            | 0.001743            | 1.31              | 17.34             | 9.40             | 0.28         |
| 1     | 2050      | 12.60             | 16.25            | 18.14            | 17.63            | 18.23            | 0.003744            | 1.43              | 10.04             | 9.36             | 0.38         |
| 1     | 2050      | 24.10             | 16.25            | 19.20            | 17.98            | 19.28            | 0.001741            | 1.41              | 19.98             | 9.40             | 0.29         |
| 1     | 2050      | 19.50             | 16.25            | 18.79            | 17.86            | 18.88            | 0.002151            | 1.39              | 16.19             | 9.40             | 0.31         |
| 1     | 2000      | 12.60             | 15.98            | 18.03            | 17.12            | 18.09            | 0.001826            | 1.22              | 12.14             | 7.62             | 0.29         |
| 1     | 2000      | 24.10             | 15.98            | 19.12            | 17.49            | 19.20            | 0.001379            | 1.45              | 20.41             | 7.62             | 0.27         |
| 1     | 2000      | 19.50             | 15.98            | 18.71            | 17.35            | 18.79            | 0.001491            | 1.36              | 17.30             | 7.62             | 0.28         |
| 1     | 1950      | 12.60             | 15.83            | 17.94            | 16.94            | 18.00            | 0.001924            | 1.08              | 12.21             | 7.40             | 0.26         |
| 1     | 1950      | 24.10             | 15.83            | 19.05            | 17.33            | 19.13            | 0.001592            | 1.25              | 20.42             | 7.40             | 0.24         |
| 1     | 1950      | 19.50             | 15.83            | 18.64            | 17.19            | 18.70            | 0.001658            | 1.18              | 17.36             | 7.40             | 0.24         |
| 1     | 1900      | 12.60             | 15.75            | 17.89            | 16.89            | 17.92            | 0.001012            | 0.86              | 16.07             | 11.00            | 0.21         |
| 1     | 1900      | 24.10             | 15.75            | 19.03            | 17.24            | 19.07            | 0.000620            | 0.96              | 28.60             | 11.00            | 0.18         |
| 1     | 1900      | 19.50             | 15.75            | 18.61            | 17.13            | 18.64            | 0.000703            | 0.92              | 23.96             | 11.00            | 0.19         |
| 1     | 1850      | 12.60             | 15.47            | 17.46            | 16.81            | 17.76            | 0.020259            | 2.43              | 5.18              | 2.61             | 0.55         |
| 1     | 1850      | 24.10             | 15.47            | 18.43            | 17.52            | 18.93            | 0.027731            | 3.12              | 7.72              | 2.61             | 0.58         |
| 1     | 1850      | 19.50             | 15.47            | 18.09            | 17.26            | 18.50            | 0.024564            | 2.86              | 6.82              | 2.61             | 0.56         |
| 1     | 1840      | 12.60             | 15.40            | 16.73            | 16.73            | 17.41            | 0.057378            | 3.63              | 3.47              | 2.61             | 1.01         |
| 1     | 1840      | 24.10             | 15.40            | 17.58            | 17.45            | 18.50            | 0.058662            | 4.24              | 5.69              | 2.61             | 0.92         |
| 1     | 1840      | 19.50             | 15.40            | 17.19            | 17.19            | 18.08            | 0.063729            | 4.19              | 4.66              | 2.61             | 1.00         |
| 1     | 1839      | 12.60             | 14.70            | 16.81            | 16.07            | 17.10            | 0.019536            | 2.38              | 5.29              | 2.51             | 0.52         |
| 1     | 1839      | 24.10             | 14.70            | 17.85            | 16.82            | 18.33            | 0.026817            | 3.05              | 7.90              | 2.51             | 0.55         |
| 1     | 1839      | 19.50             | 14.70            | 17.46            | 16.53            | 17.87            | 0.024120            | 2.82              | 6.92              | 2.51             | 0.54         |
| 1     | 1830      | 12.60             | 14.69            | 16.06            | 16.06            | 16.75            | 0.059343            | 3.68              | 3.43              | 2.51             | 1.00         |
| 1     | 1830      | 24.10             | 14.69            | 16.80            | 16.80            | 17.86            | 0.071651            | 4.56              | 5.28              | 2.51             | 1.00         |
| 1     | 1830      | 19.50             | 14.69            | 16.52            | 16.52            | 17.44            | 0.066861            | 4.25              | 4.59              | 2.51             | 1.00         |
| 1     | 1829      | 12.60             | 14.68            | 15.79            | 15.22            | 15.84            | 0.001635            | 1.08              | 12.27             | 12.20            | 0.33         |
| 1     | 1829      | 24.10             | 14.68            | 15.01            | 15.50            | 17.57            | 0.352977            | 7.13              | 3.44              | 10.66            | 3.95         |
| 1     | 1829      | 19.50             | 14.68            | 16.10            | 15.39            | 16.18            | 0.001648            | 1.28              | 16.21             | 12.82            | 0.34         |
| 1     | 1260      | 12.60             | 13.77            | 14.88            | 14.30            | 14.93            | 0.001504            | 1.04              | 12.93             | 13.30            | 0.31         |
| 1     | 1260      | 24.10             | 13.77            | 15.40            | 14.58            | 15.48            | 0.001415            | 1.30              | 20.25             | 14.84            | 0.33         |
| 1     | 1260      | 19.50             | 13.77            | 15.21            | 14.48            | 15.28            | 0.001454            | 1.21              | 17.43             | 14.26            | 0.32         |

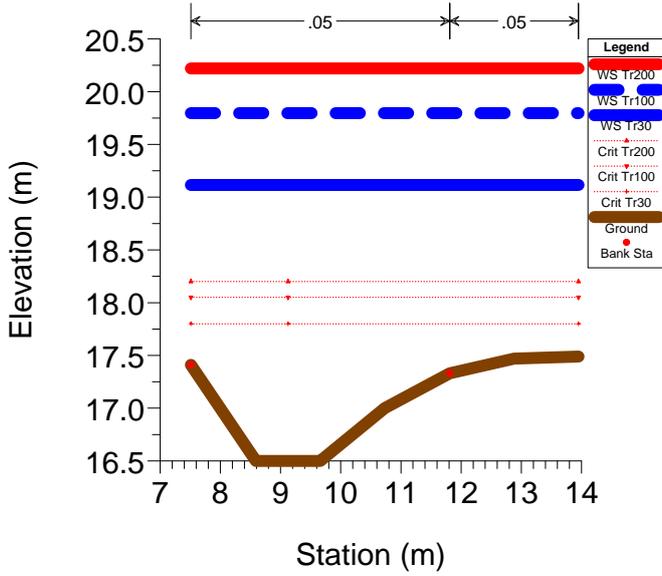
HEC-RAS Plan: PRO TOMB Tr200 River: OZZORETTO Reach: 1 (Continued)

| Reach | River Sta | Q Total<br>(m3/s) | Min Ch El<br>(m) | W.S. Elev<br>(m) | Crit W.S.<br>(m) | E.G. Elev<br>(m) | E.G. Slope<br>(m/m) | Vel Chnl<br>(m/s) | Flow Area<br>(m2) | Top Width<br>(m) | Froude # Chl |
|-------|-----------|-------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|---------------------|-------------------|-------------------|------------------|--------------|
| 1     | 1255      | 12.60             | 13.76            | 14.87            | 14.29            | 14.92            | 0.001506            | 1.04              | 12.89             | 13.18            | 0.32         |
| 1     | 1255      | 24.10             | 13.76            | 15.39            | 14.57            | 15.47            | 0.001425            | 1.31              | 20.13             | 14.66            | 0.33         |
| 1     | 1255      | 19.50             | 13.76            | 15.20            | 14.47            | 15.27            | 0.001461            | 1.22              | 17.34             | 14.11            | 0.32         |
| 1     | 1250      | Bridge            |                  |                  |                  |                  |                     |                   |                   |                  |              |
| 1     | 1215      | 12.60             | 13.72            | 14.82            | 14.26            | 14.87            | 0.001590            | 1.06              | 12.65             | 13.09            | 0.32         |
| 1     | 1215      | 24.10             | 13.72            | 15.34            | 14.54            | 15.42            | 0.001471            | 1.32              | 19.89             | 14.57            | 0.33         |
| 1     | 1215      | 19.50             | 13.72            | 15.14            | 14.43            | 15.22            | 0.001518            | 1.23              | 17.10             | 14.01            | 0.33         |
| 1     | 1210      | 12.60             | 13.71            | 14.81            | 14.24            | 14.86            | 0.001556            | 1.05              | 12.80             | 13.31            | 0.32         |
| 1     | 1210      | 24.10             | 13.71            | 15.33            | 14.52            | 15.41            | 0.001430            | 1.31              | 20.21             | 14.89            | 0.33         |
| 1     | 1210      | 19.50             | 13.71            | 15.14            | 14.42            | 15.21            | 0.001479            | 1.22              | 17.35             | 14.30            | 0.33         |
| 1     | 1060      | 12.60             | 13.47            | 14.58            | 14.00            | 14.63            | 0.001509            | 1.04              | 12.92             | 13.29            | 0.32         |
| 1     | 1060      | 24.10             | 13.47            | 15.13            | 14.28            | 15.21            | 0.001331            | 1.28              | 20.67             | 14.92            | 0.32         |
| 1     | 1060      | 19.50             | 13.47            | 14.92            | 14.18            | 14.99            | 0.001393            | 1.20              | 17.68             | 14.32            | 0.32         |
| 1     | 1043      | 12.60             | 13.44            | 14.55            | 13.97            | 14.61            | 0.001489            | 1.04              | 13.00             | 13.39            | 0.31         |
| 1     | 1043      | 24.10             | 13.44            | 15.11            | 14.25            | 15.18            | 0.001304            | 1.27              | 20.87             | 15.07            | 0.31         |
| 1     | 1043      | 19.50             | 13.44            | 14.90            | 14.15            | 14.97            | 0.001368            | 1.19              | 17.83             | 14.44            | 0.31         |
| 1     | 1042      | 12.60             | 13.44            | 14.53            | 13.99            | 14.60            | 0.001894            | 1.15              | 10.92             | 13.00            | 0.35         |
| 1     | 1042      | 24.10             | 13.44            | 15.06            | 14.28            | 15.18            | 0.001854            | 1.49              | 16.22             | 14.46            | 0.37         |
| 1     | 1042      | 19.50             | 13.44            | 14.87            | 14.17            | 14.96            | 0.001867            | 1.37              | 14.25             | 13.92            | 0.37         |
| 1     | 1040      | Culvert           |                  |                  |                  |                  |                     |                   |                   |                  |              |
| 1     | 1027      | 12.60             | 13.42            | 14.50            | 13.96            | 14.57            | 0.001920            | 1.16              | 10.88             | 12.96            | 0.35         |
| 1     | 1027      | 24.10             | 13.42            | 15.01            | 14.26            | 15.12            | 0.001977            | 1.51              | 15.91             | 14.33            | 0.38         |
| 1     | 1027      | 19.50             | 13.42            | 14.82            | 14.15            | 14.92            | 0.001966            | 1.39              | 14.03             | 13.82            | 0.37         |
| 1     | 1026      | 12.60             | 13.42            | 14.51            | 13.95            | 14.57            | 0.001566            | 1.05              | 12.78             | 13.31            | 0.32         |
| 1     | 1026      | 24.10             | 13.42            | 15.03            | 14.23            | 15.11            | 0.001459            | 1.31              | 20.08             | 14.87            | 0.33         |
| 1     | 1026      | 19.50             | 13.42            | 14.84            | 14.12            | 14.91            | 0.001505            | 1.23              | 17.26             | 14.29            | 0.33         |
| 1     | 1010      | 12.60             | 13.39            | 14.49            | 13.92            | 14.54            | 0.001564            | 1.05              | 12.77             | 13.28            | 0.32         |
| 1     | 1010      | 24.10             | 13.39            | 15.01            | 14.20            | 15.09            | 0.001454            | 1.31              | 20.08             | 14.83            | 0.33         |
| 1     | 1010      | 19.50             | 13.39            | 14.81            | 14.10            | 14.88            | 0.001501            | 1.23              | 17.25             | 14.25            | 0.33         |
| 1     | 660       | 12.60             | 12.83            | 13.96            | 13.36            | 14.01            | 0.001401            | 1.02              | 13.22             | 13.32            | 0.30         |
| 1     | 660       | 24.10             | 12.83            | 14.55            | 13.64            | 14.62            | 0.001184            | 1.23              | 21.47             | 15.02            | 0.30         |
| 1     | 660       | 19.50             | 12.83            | 14.33            | 13.54            | 14.39            | 0.001257            | 1.16              | 18.27             | 14.38            | 0.30         |
| 1     | 440       | 12.60             | 12.48            | 13.69            | 13.01            | 13.73            | 0.001143            | 0.96              | 14.08             | 13.35            | 0.28         |
| 1     | 440       | 24.10             | 12.48            | 14.32            | 13.29            | 14.38            | 0.000940            | 1.15              | 23.08             | 15.11            | 0.27         |
| 1     | 440       | 19.50             | 12.48            | 14.08            | 13.19            | 14.14            | 0.000999            | 1.08              | 19.62             | 14.46            | 0.27         |
| 1     | 220       | 24.70             | 12.13            | 13.50            | 12.77            | 13.56            | 0.001282            | 1.11              | 23.65             | 19.42            | 0.30         |
| 1     | 220       | 46.70             | 12.13            | 14.14            | 13.10            | 14.23            | 0.001207            | 1.38              | 36.60             | 21.46            | 0.31         |
| 1     | 220       | 37.90             | 12.13            | 13.91            | 12.97            | 13.98            | 0.001229            | 1.29              | 31.70             | 20.71            | 0.31         |
| 1     | 0         | 24.70             | 11.78            | 13.26            | 12.42            | 13.31            | 0.001001            | 1.03              | 25.57             | 19.61            | 0.27         |
| 1     | 0         | 46.70             | 11.78            | 13.90            | 12.75            | 13.98            | 0.001001            | 1.31              | 38.84             | 21.62            | 0.29         |
| 1     | 0         | 37.90             | 11.78            | 13.67            | 12.62            | 13.74            | 0.001000            | 1.21              | 33.84             | 20.88            | 0.28         |

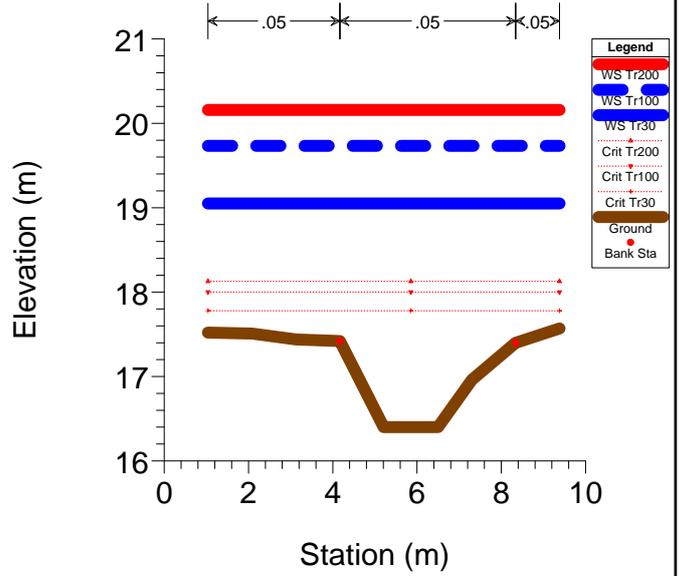
**RISULTATI DEI CALCOLO IDRAULICI  
MODELLO MONODIMENSIONALE  
CANALE OZZORETTO  
CONFIGURAZIONE STATO DI PROGETTO – POST OPERAM**



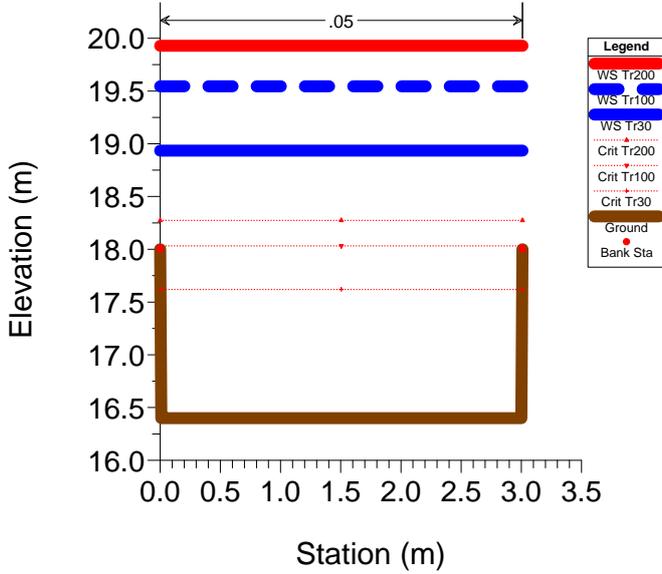
### RS = 2225



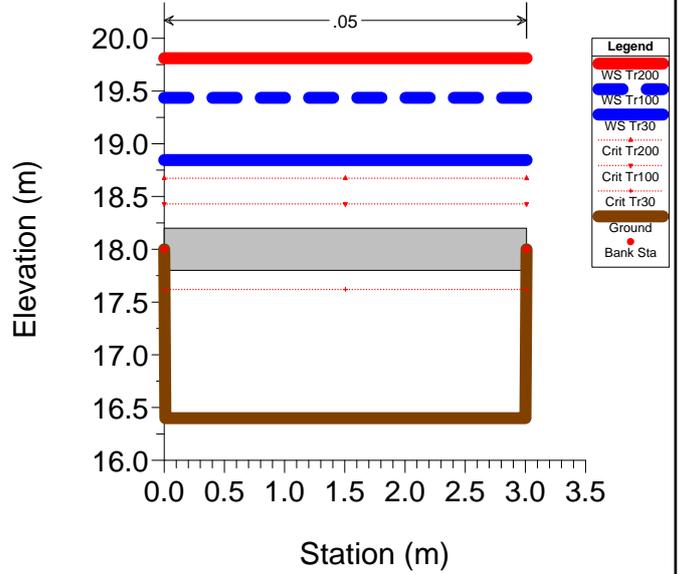
### RS = 2160



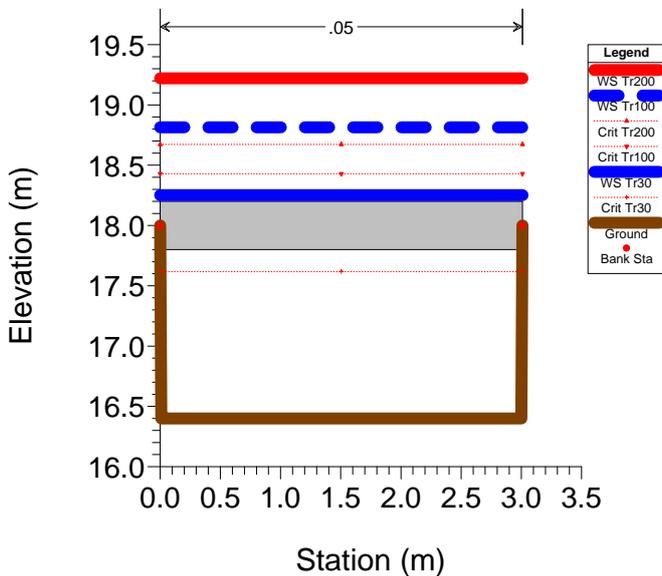
### RS = 2159



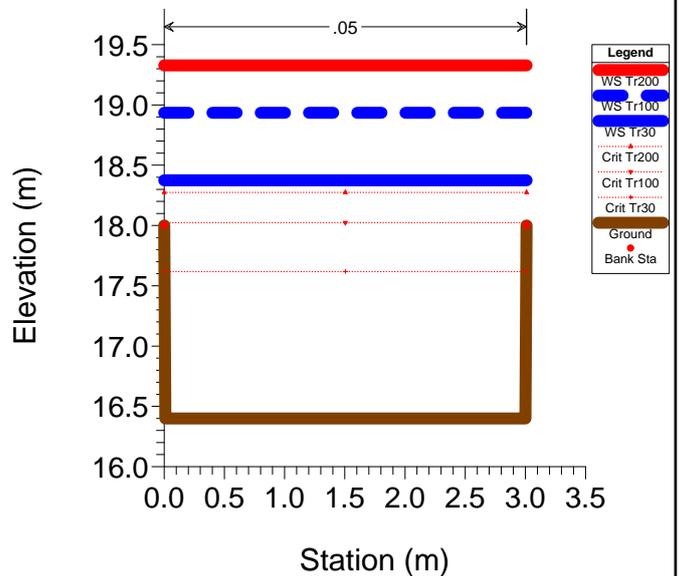
### RS = 2158 BR Via Madonnina



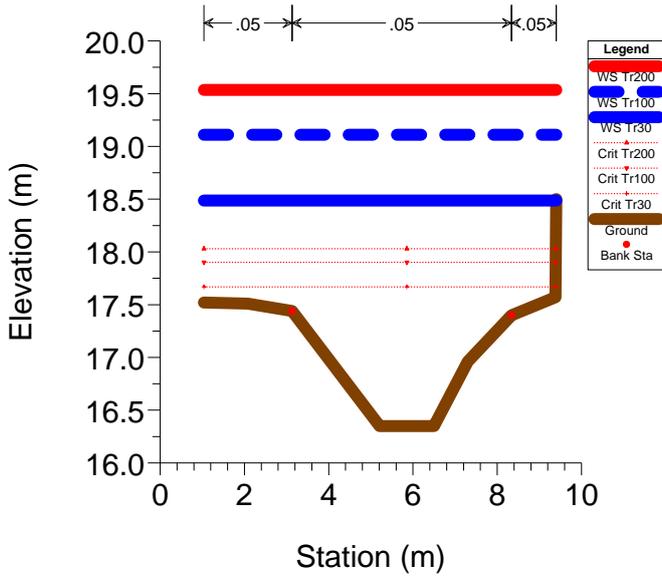
### RS = 2158 BR Via Madonnina



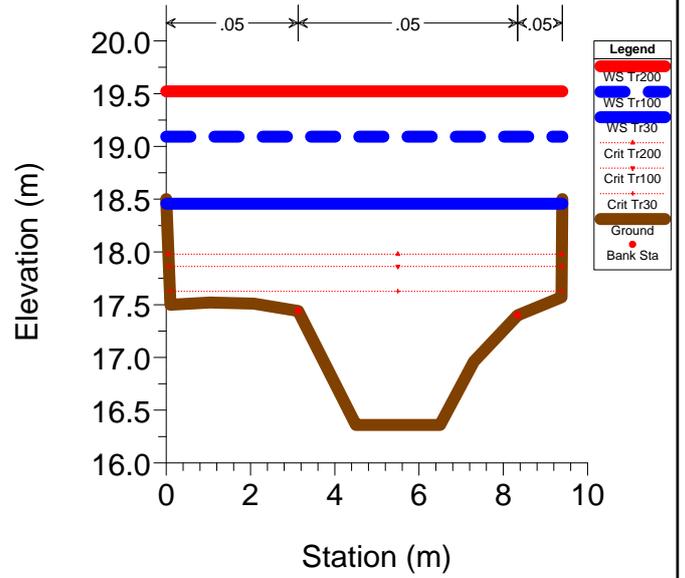
### RS = 2151



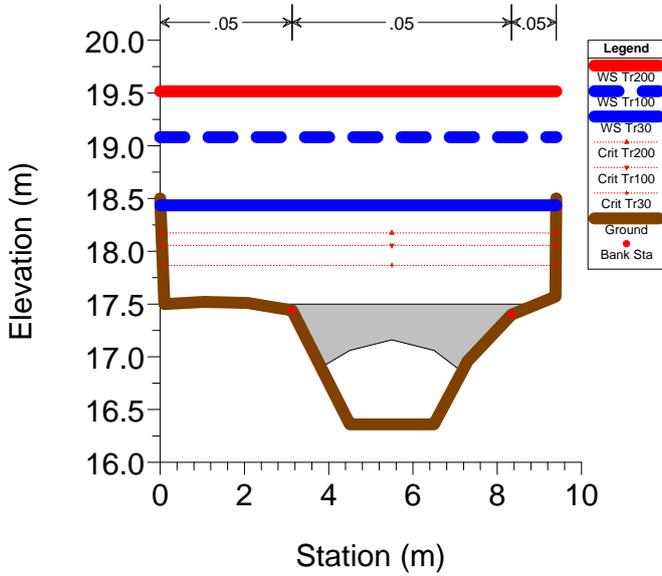
### RS = 2150



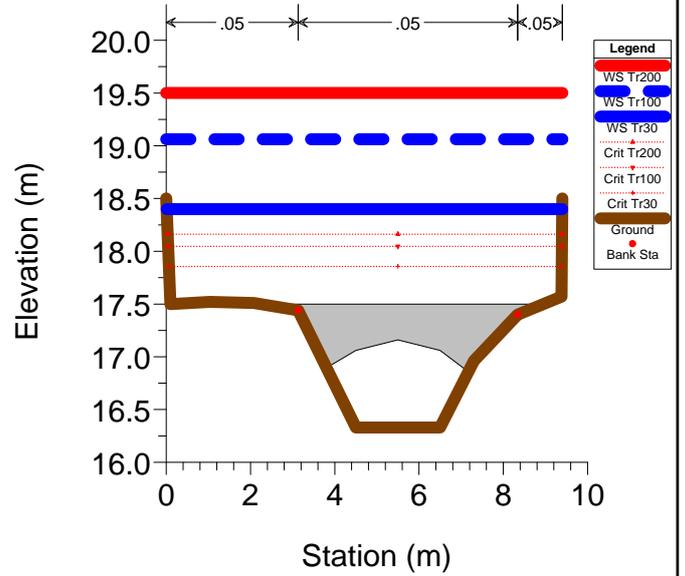
### RS = 2130



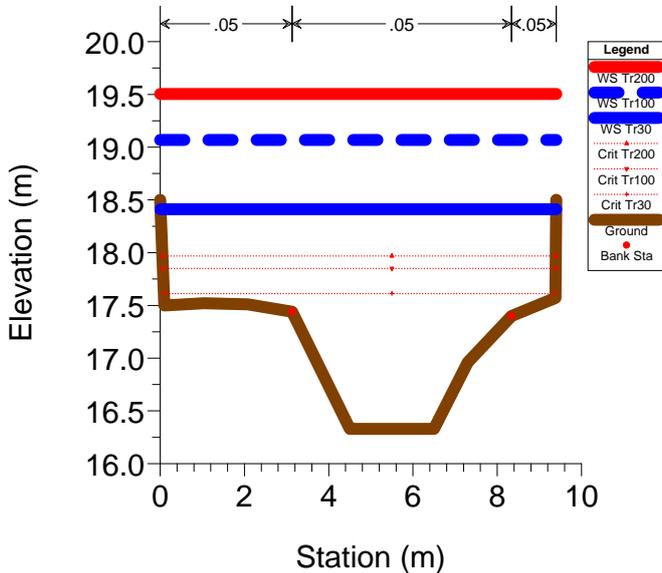
### RS = 2125 BR



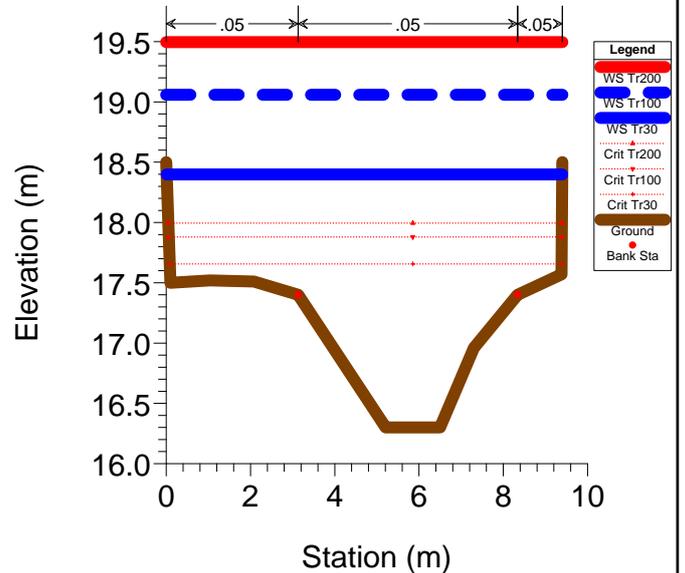
### RS = 2125 BR



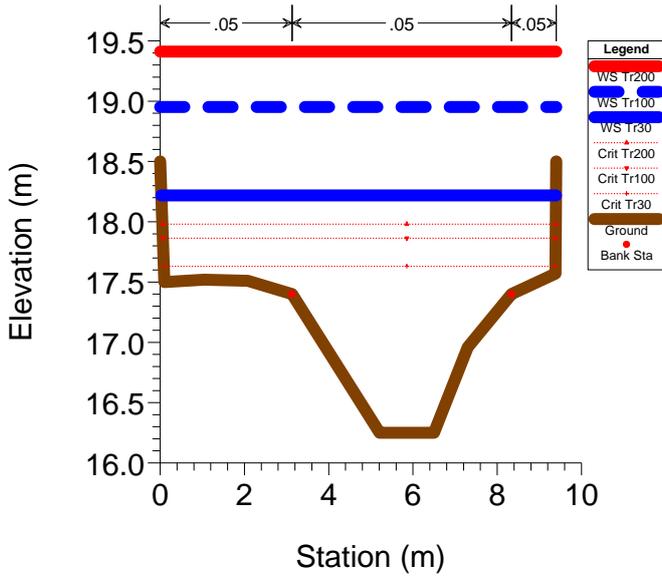
### RS = 2120



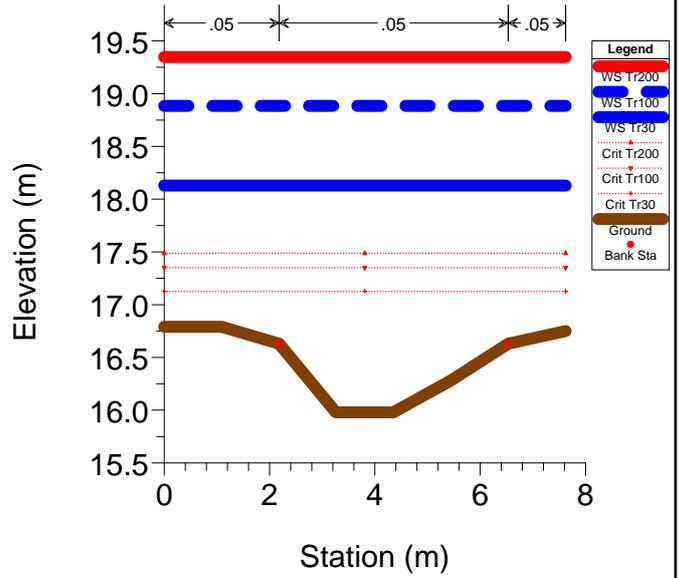
### RS = 2115



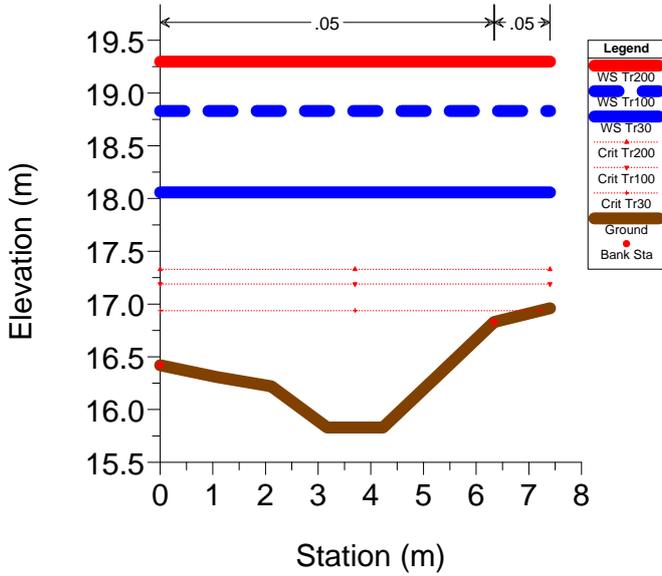
### RS = 2050



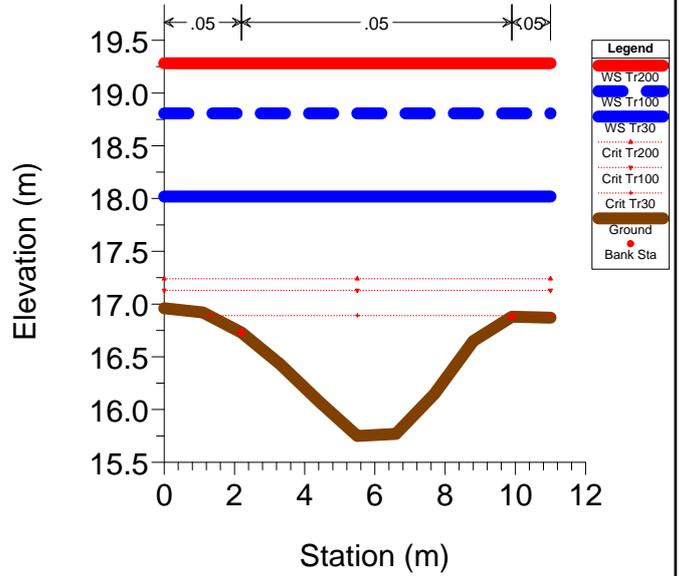
### RS = 2000



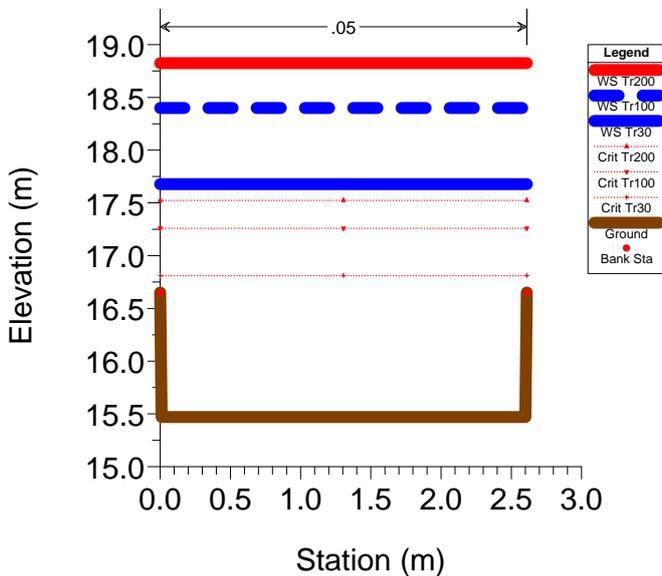
### RS = 1950



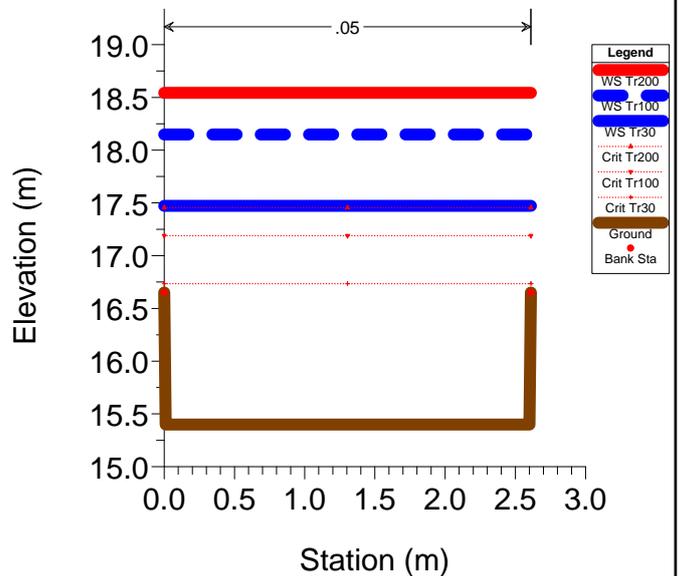
### RS = 1900



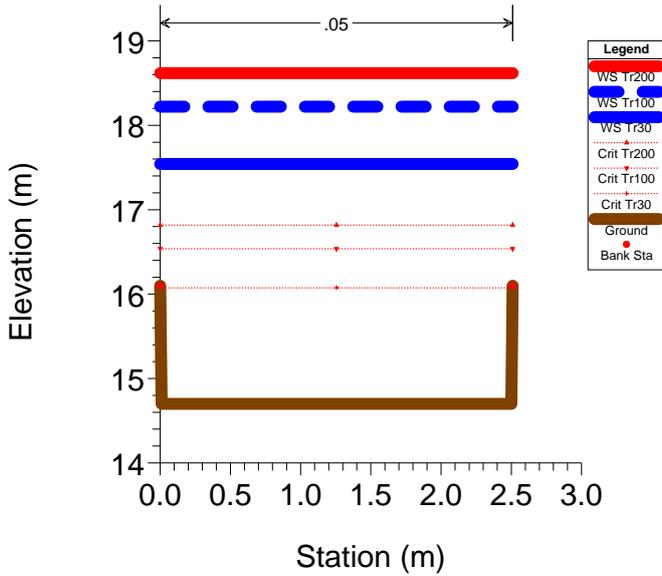
### RS = 1850



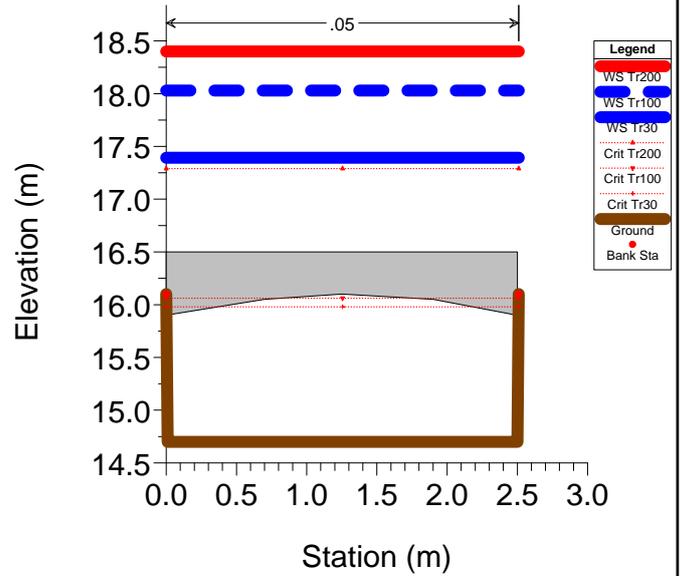
### RS = 1840



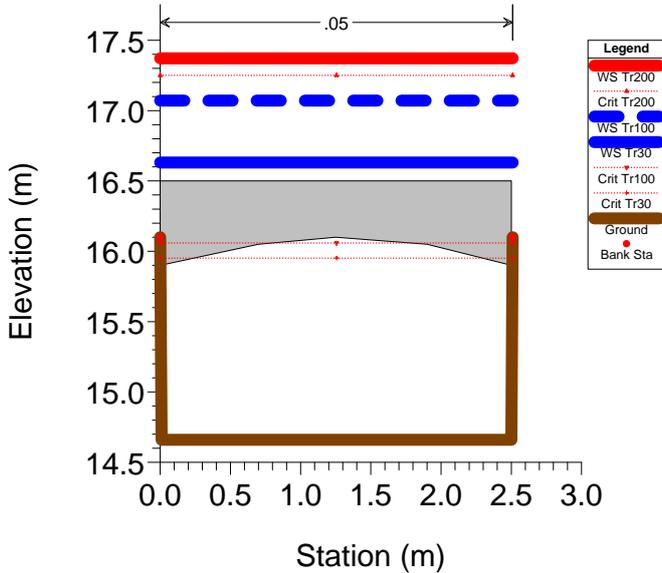
### RS = 1839



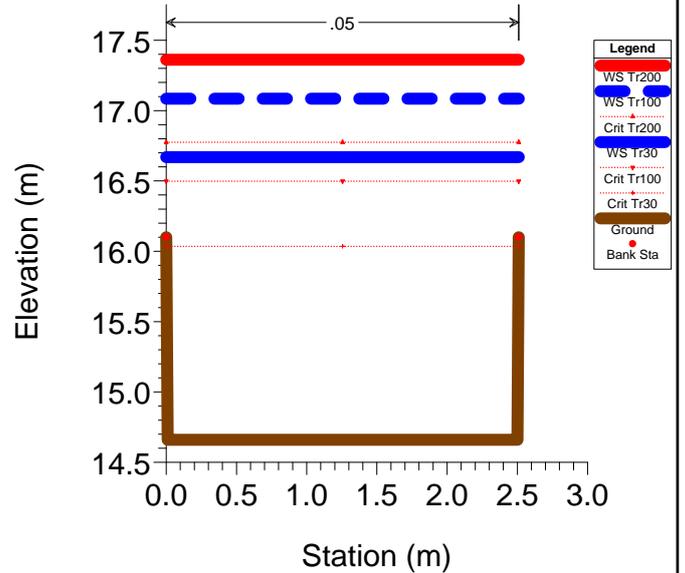
### RS = 1835 BR Via dei Marchi (vivaio)



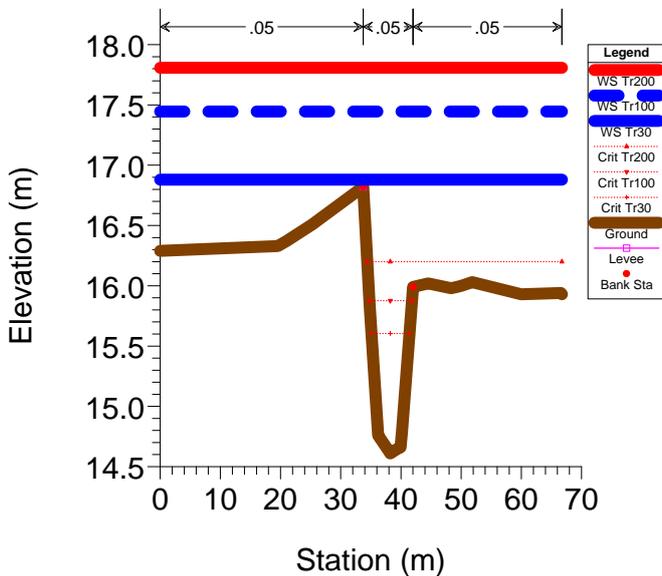
### RS = 1835 BR Via dei Marchi (vivaio)



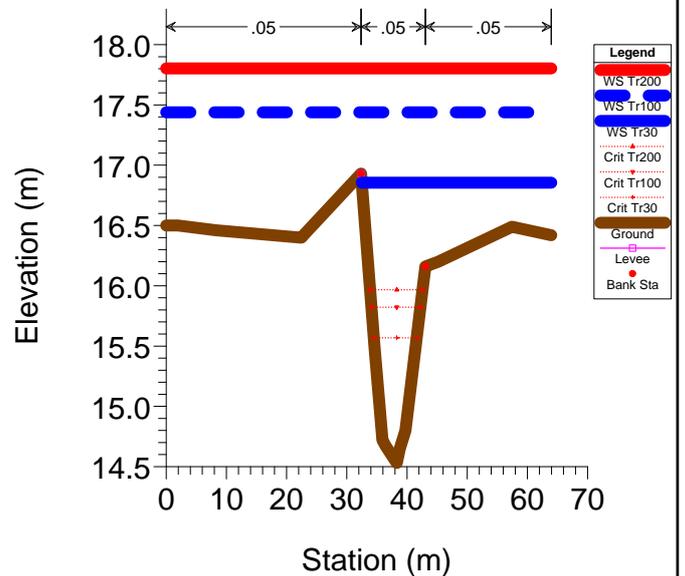
### RS = 1830



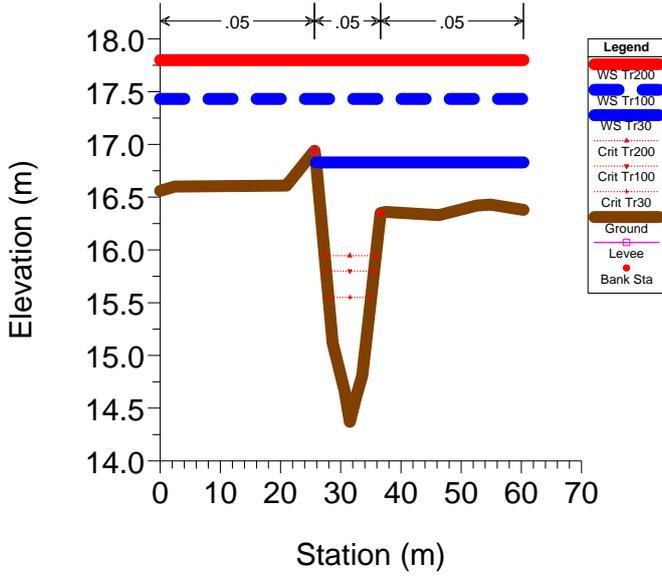
### RS = 1810 sez.1



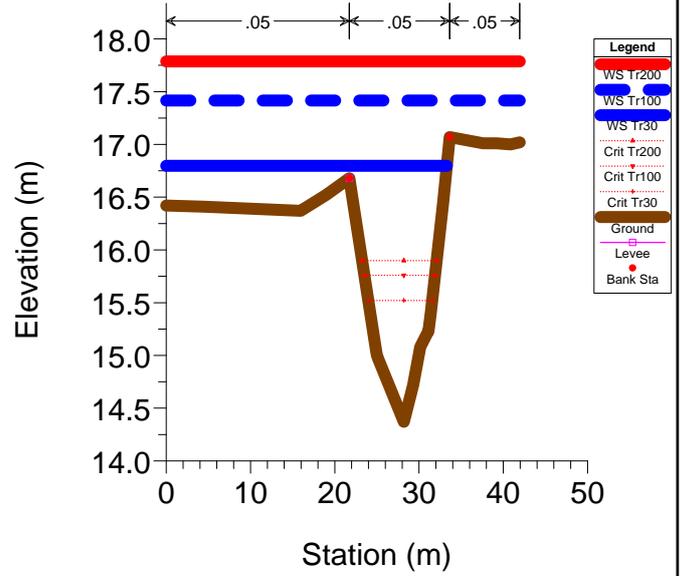
### RS = 1760 sez.2



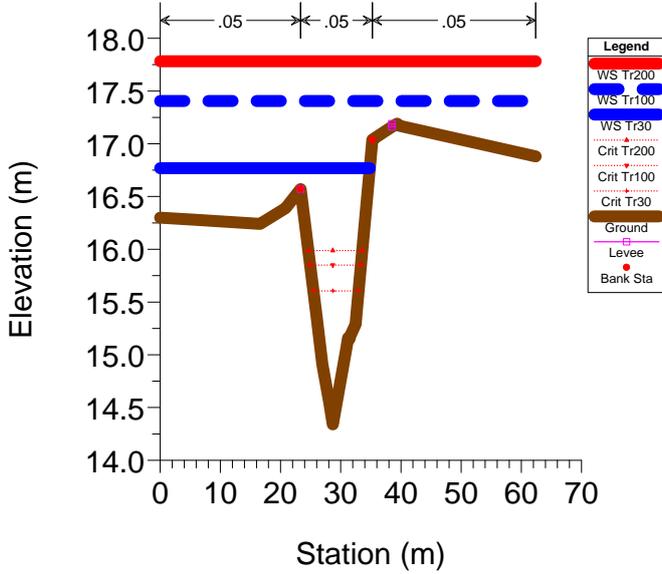
### RS = 1710 sez.3



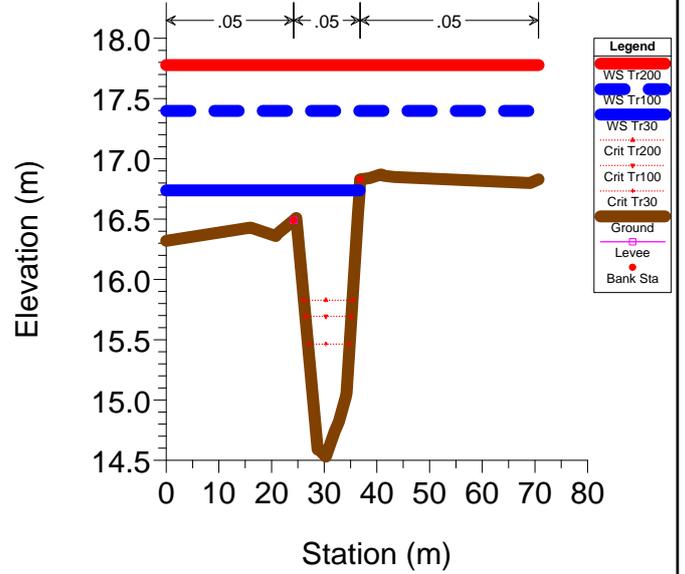
### RS = 1660 sez.4



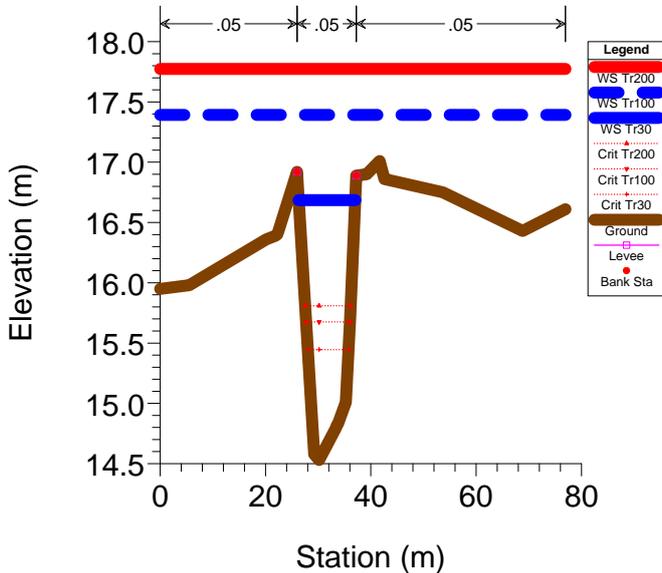
### RS = 1610 sez.5



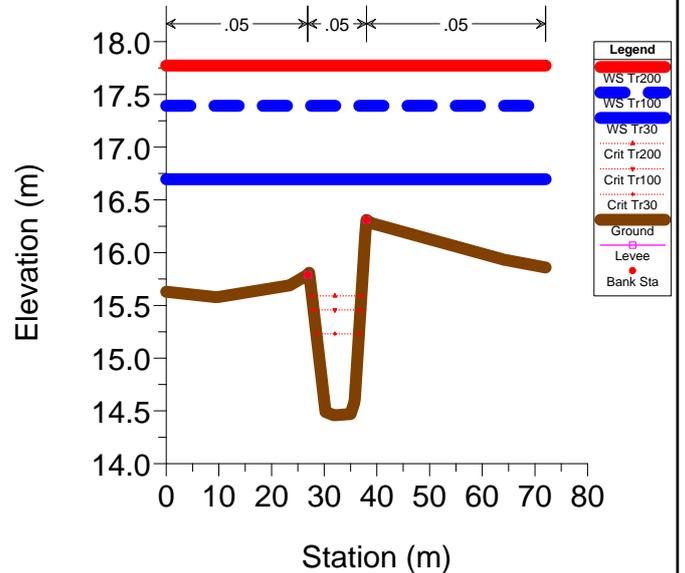
### RS = 1560 sez.6



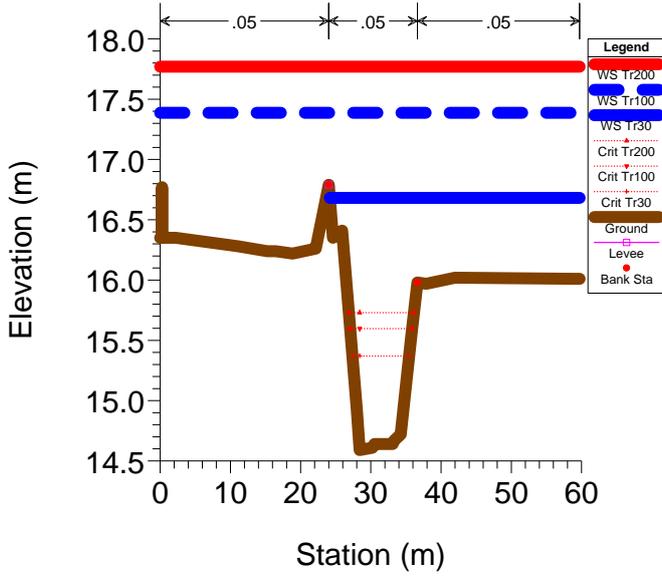
### RS = 1510 sez.7



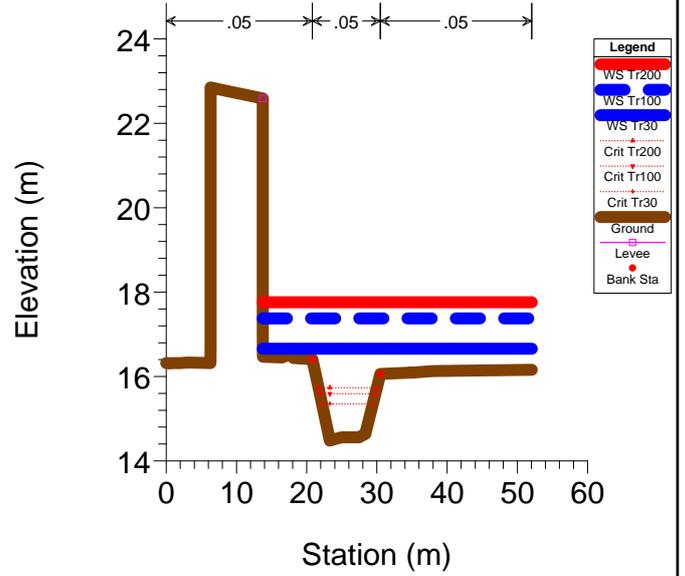
### RS = 1460 sez.8



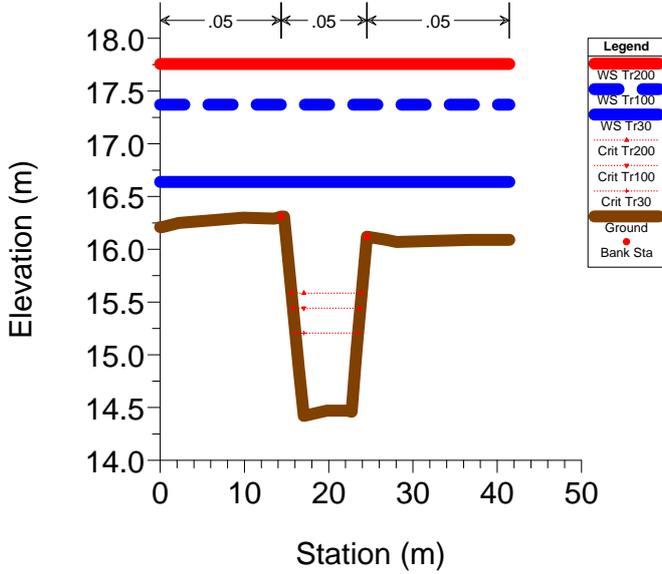
### RS = 1410 sez.9



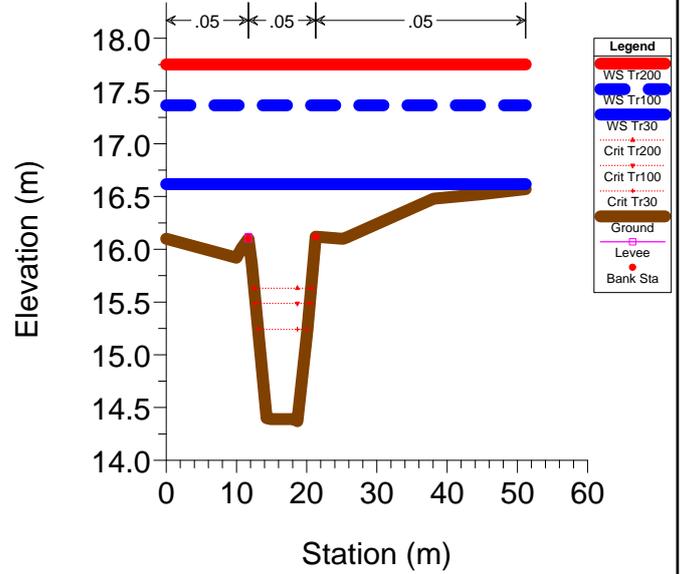
### RS = 1360 sez.10



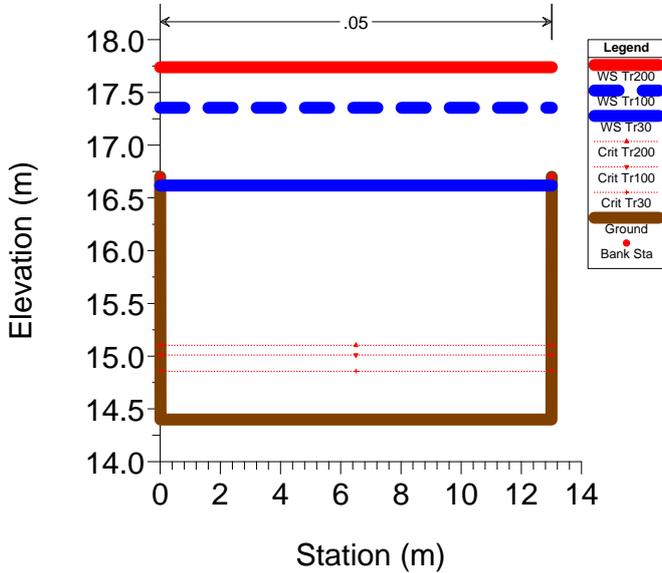
### RS = 1310 sez.11



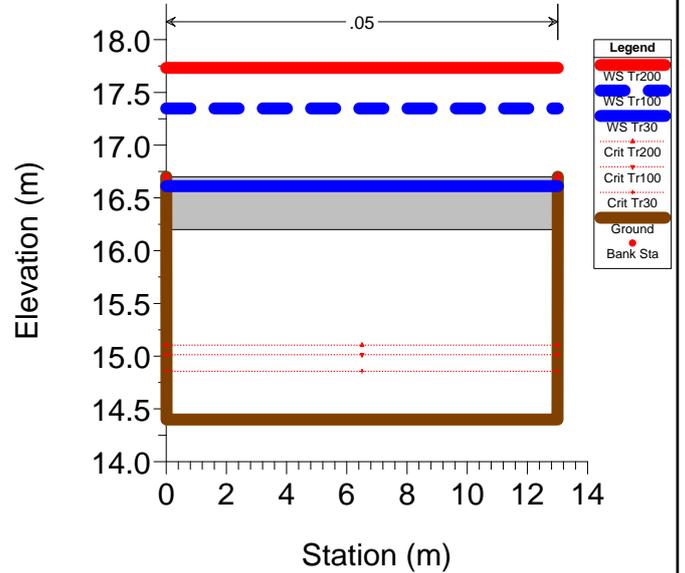
### RS = 1260 sez.12

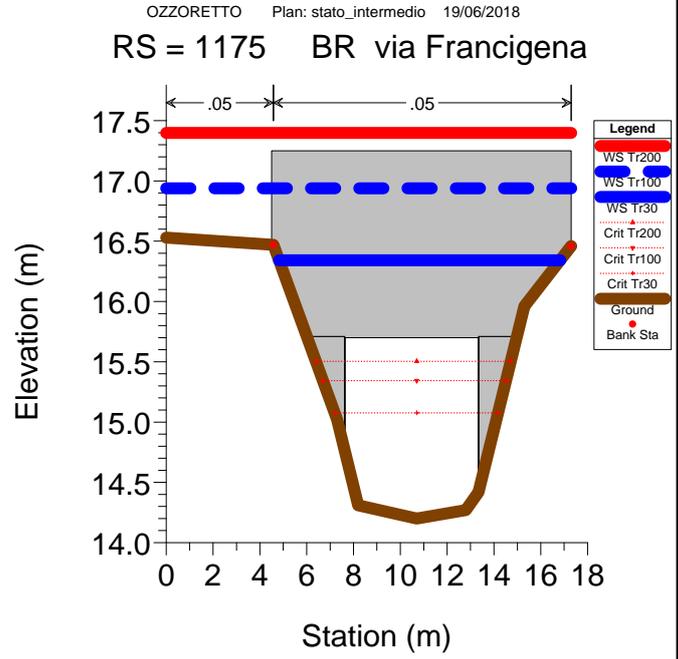
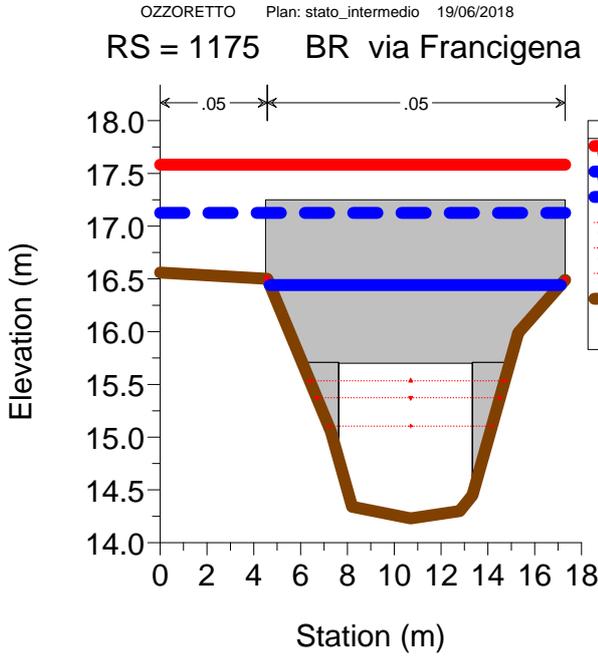
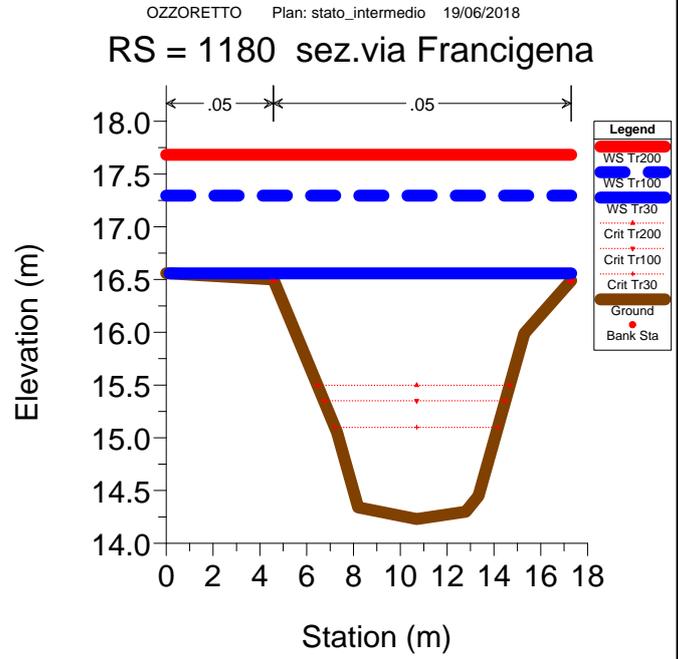
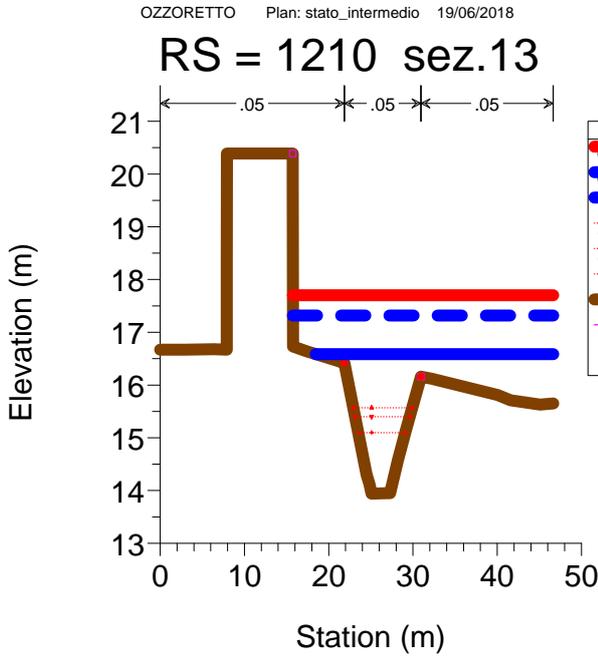
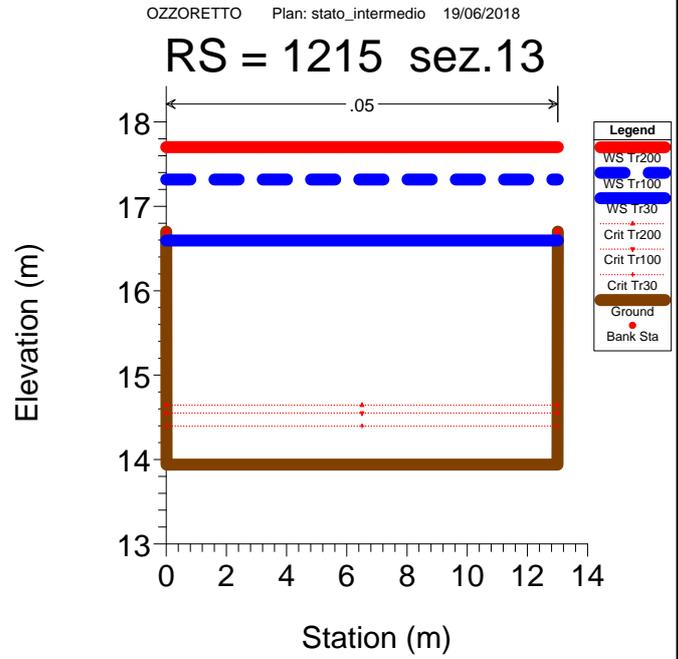
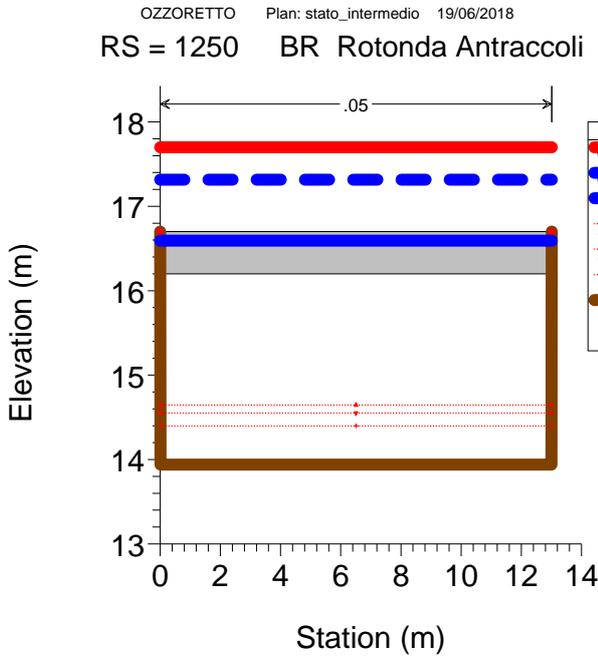


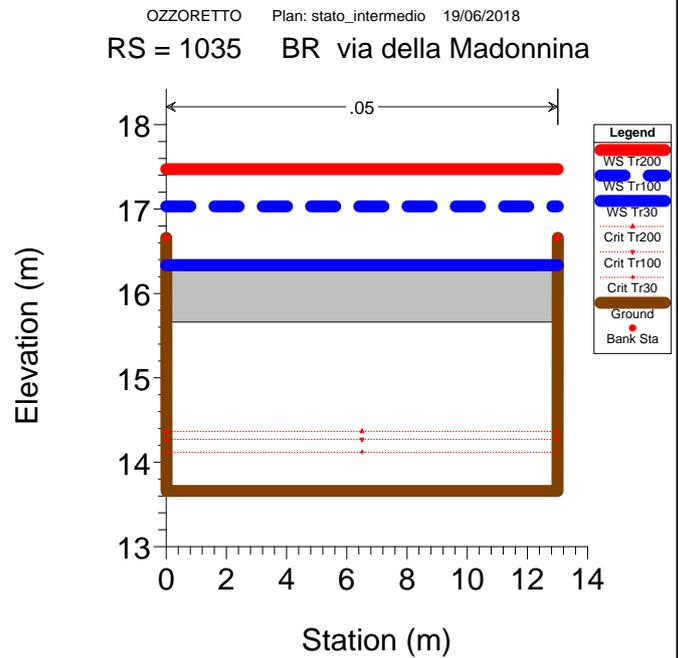
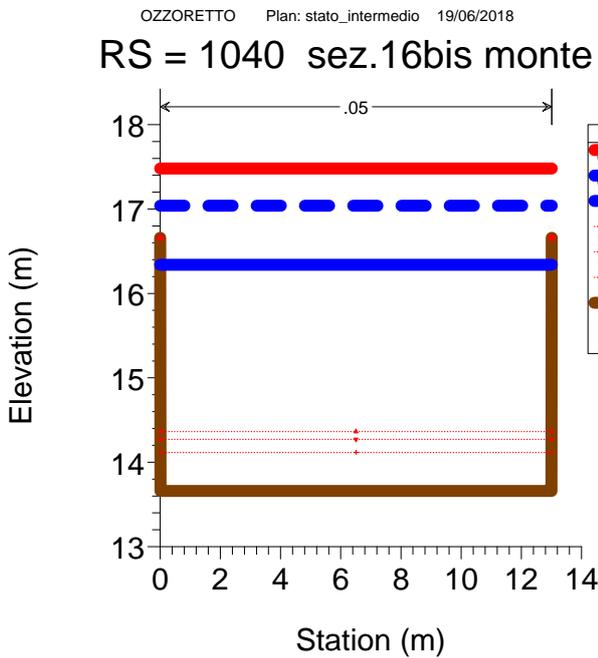
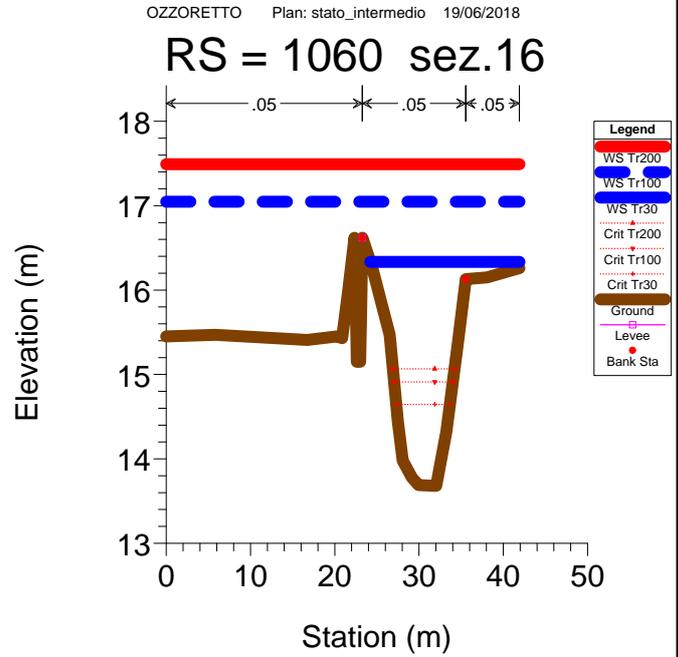
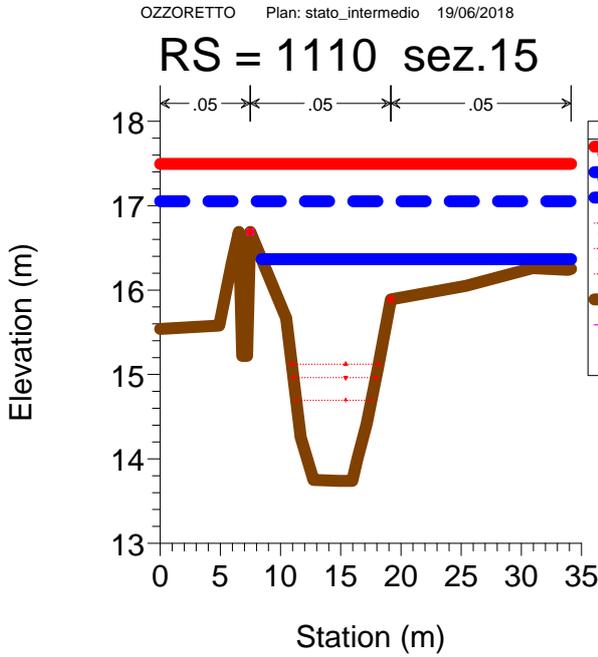
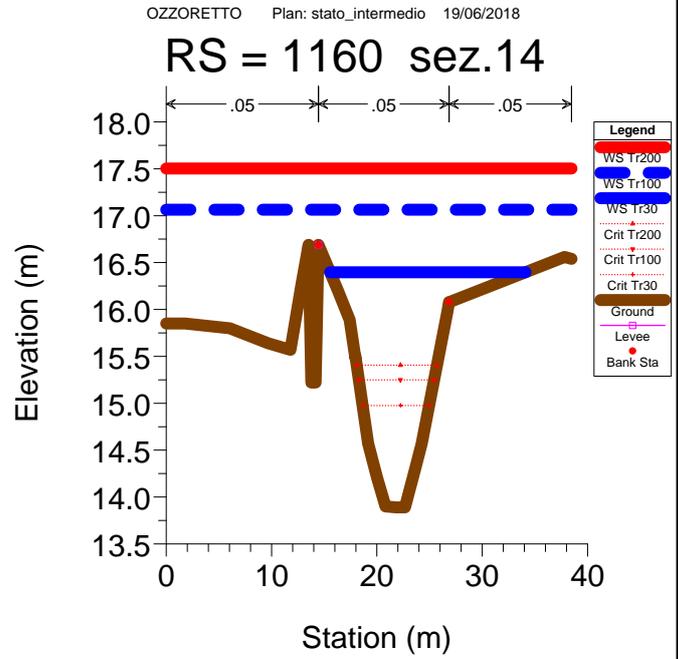
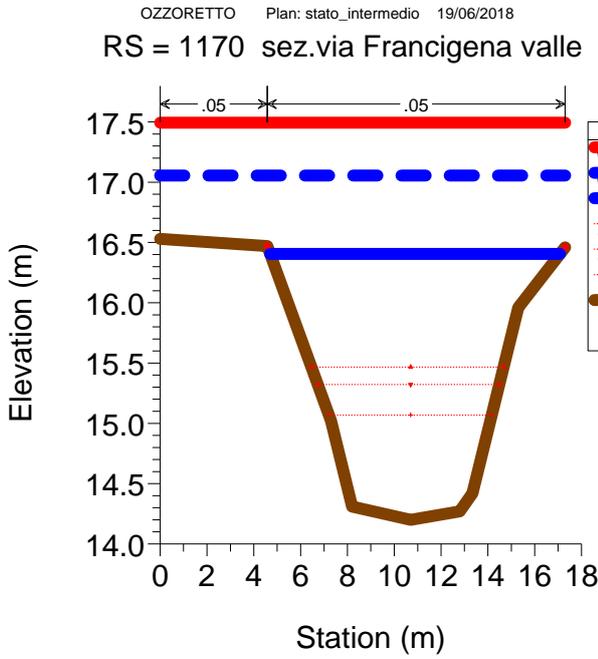
### RS = 1255 sez.12



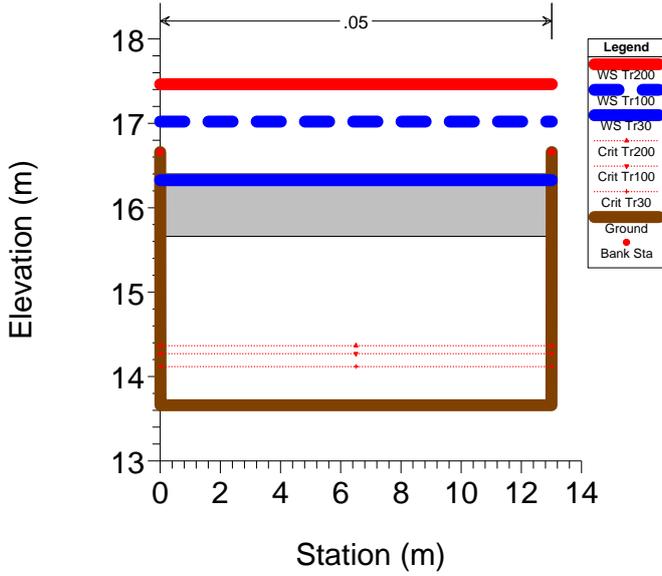
### RS = 1250 BR Rotonda Antraccoli



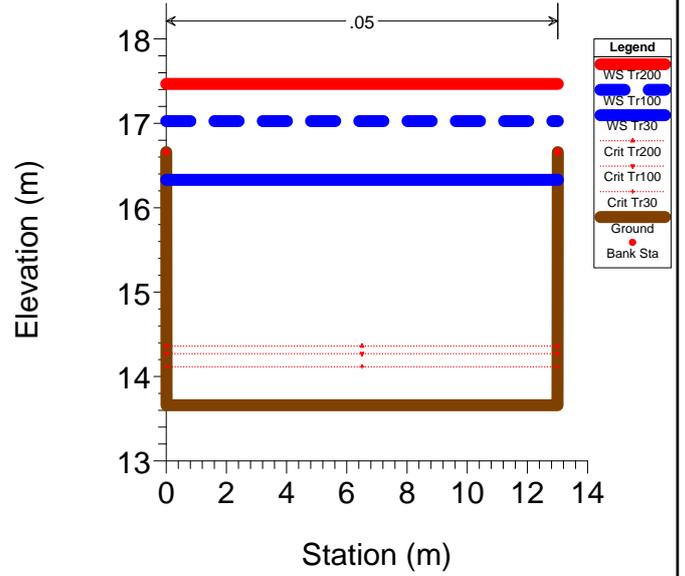




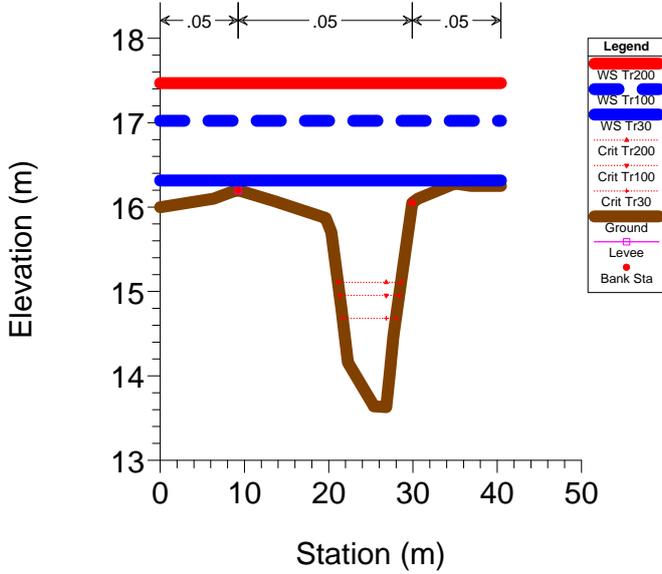
OZZORETTO Plan: stato\_intermedio 19/06/2018  
RS = 1035 BR via della Madonnina



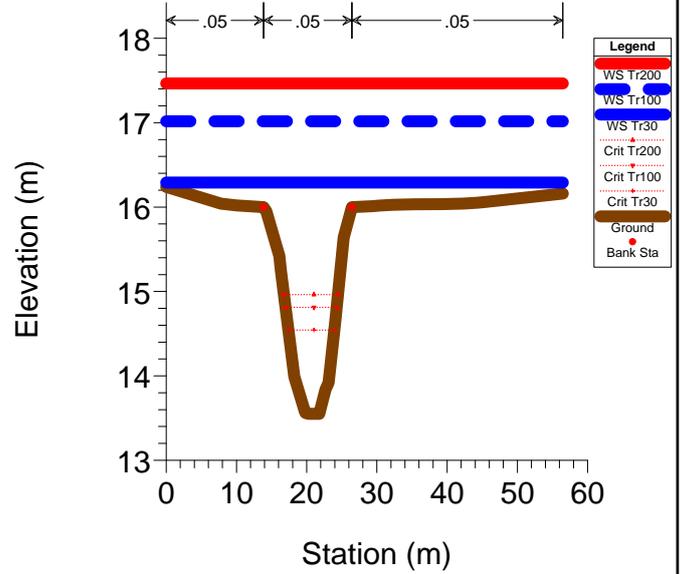
OZZORETTO Plan: stato\_intermedio 19/06/2018  
RS = 1030 sez.16bis valle



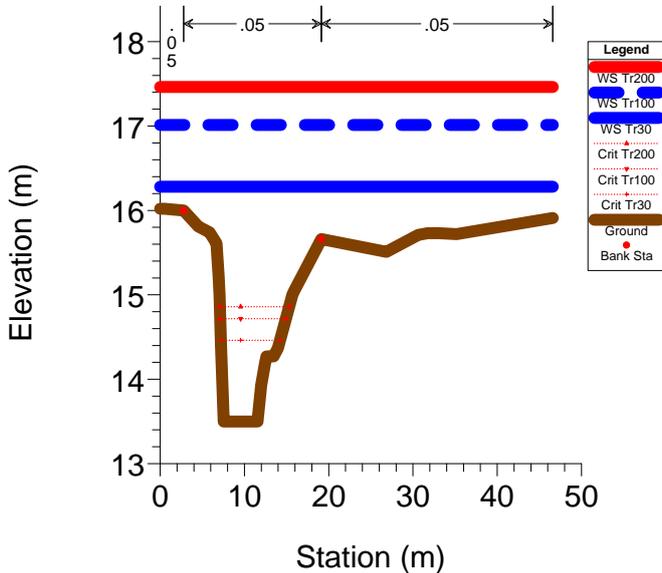
OZZORETTO Plan: stato\_intermedio 19/06/2018  
RS = 1010 sez.17



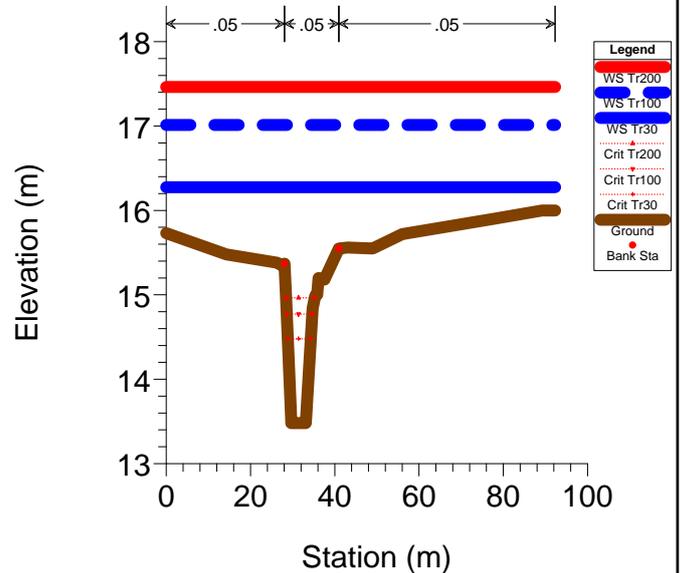
OZZORETTO Plan: stato\_intermedio 19/06/2018  
RS = 960 sez.18



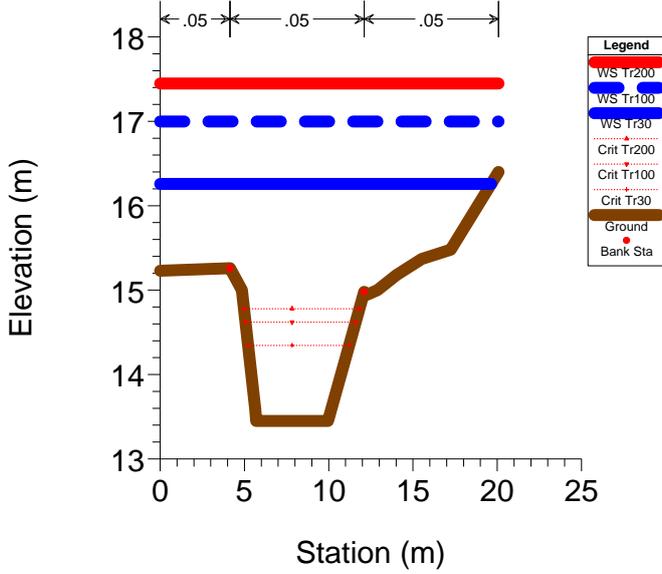
OZZORETTO Plan: stato\_intermedio 19/06/2018  
RS = 910 sez.19



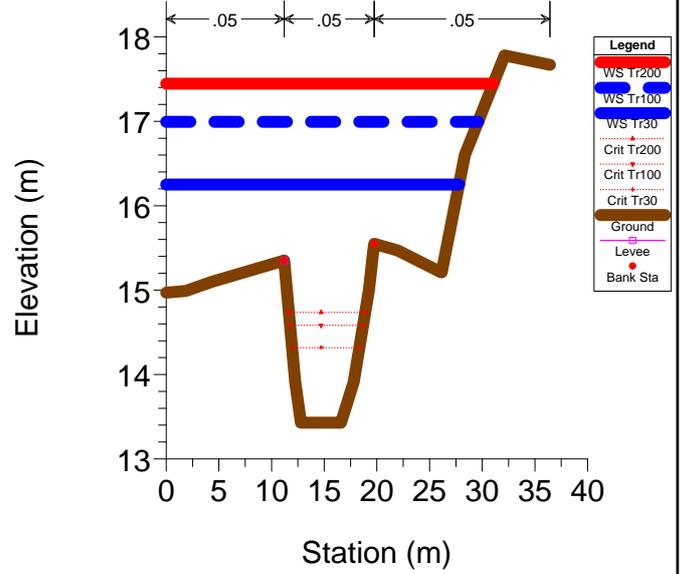
OZZORETTO Plan: stato\_intermedio 19/06/2018  
RS = 860 sez.20



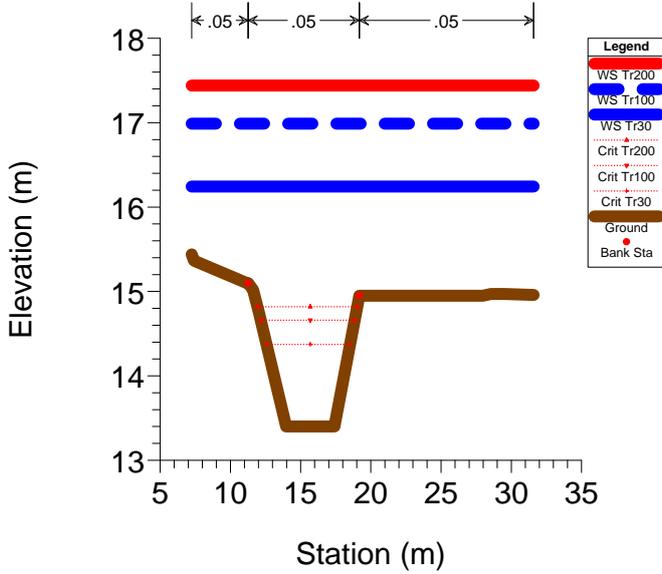
### RS = 810 sez.21



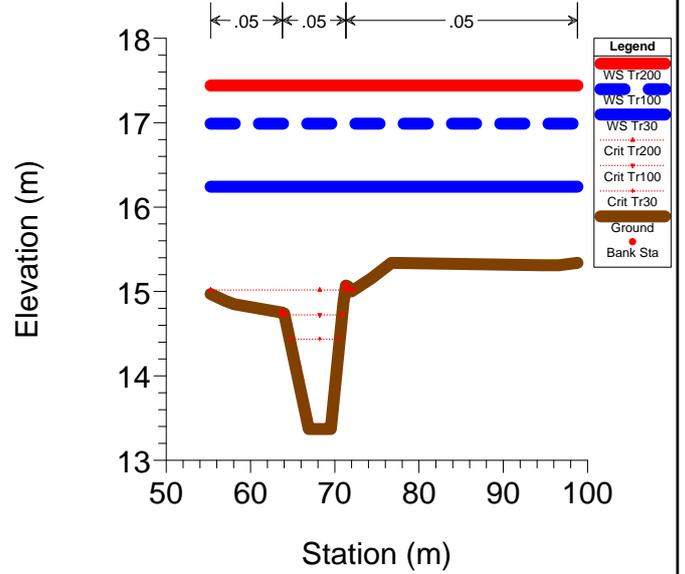
### RS = 760 sez.22



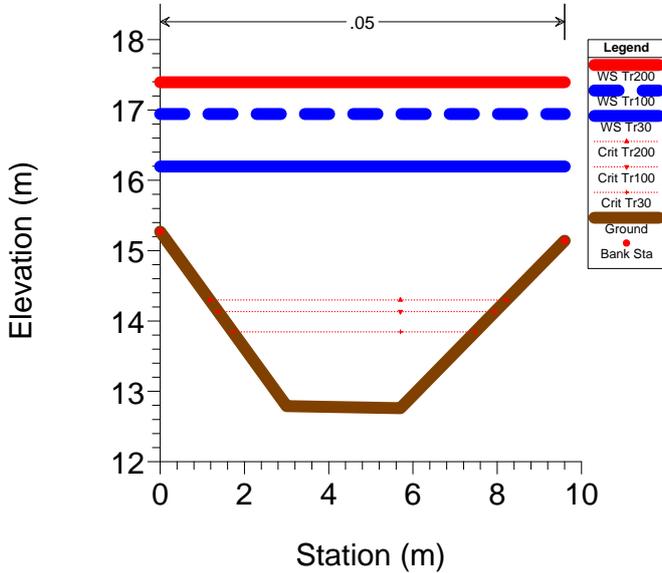
### RS = 710 sez.23



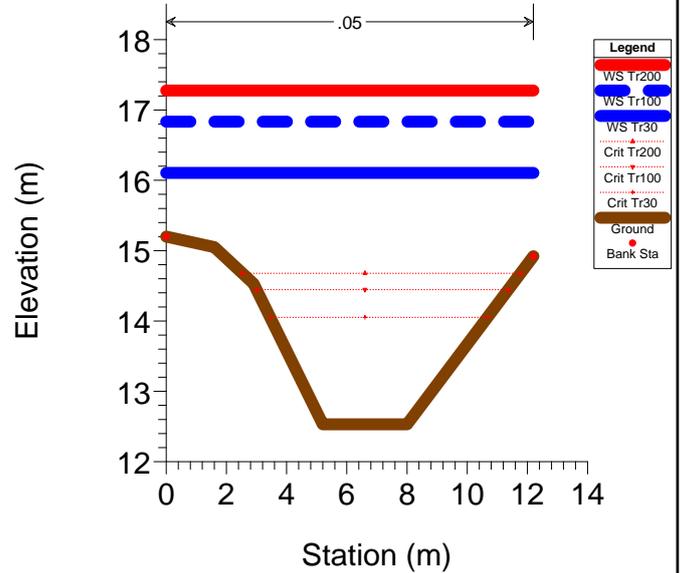
### RS = 660 sez.24



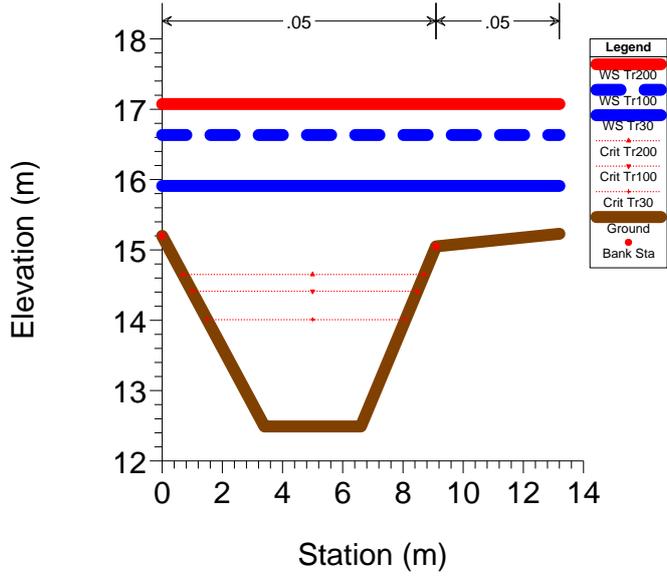
### RS = 440 sez.25



### RS = 220 sez.26



# RS = 0 sez.27



HEC-RAS Plan: intermedio River: OZZORETTO Reach: 1

| Reach | River Sta | Q Total<br>(m3/s) | Min Ch El<br>(m) | W.S. Elev<br>(m) | Crit W.S.<br>(m) | E.G. Elev<br>(m) | E.G. Slope<br>(m/m) | Vel Chnl<br>(m/s) | Flow Area<br>(m2) | Top Width<br>(m) | Froude # Chl |
|-------|-----------|-------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|---------------------|-------------------|-------------------|------------------|--------------|
| 1     | 2225      | 12.60             | 16.50            | 19.12            | 17.80            | 19.16            | 0.001495            | 1.02              | 13.36             | 6.44             | 0.21         |
| 1     | 2225      | 24.10             | 16.50            | 20.22            | 18.20            | 20.29            | 0.001709            | 1.27              | 20.47             | 6.44             | 0.22         |
| 1     | 2225      | 19.50             | 16.50            | 19.80            | 18.05            | 19.86            | 0.001644            | 1.19              | 17.74             | 6.44             | 0.22         |
| 1     | 2160      | 12.60             | 16.40            | 19.05            | 17.78            | 19.09            | 0.000885            | 0.93              | 16.05             | 8.34             | 0.20         |
| 1     | 2160      | 24.10             | 16.40            | 20.16            | 18.13            | 20.21            | 0.000829            | 1.17              | 25.29             | 8.34             | 0.20         |
| 1     | 2160      | 19.50             | 16.40            | 19.73            | 18.00            | 19.78            | 0.000854            | 1.09              | 21.74             | 8.34             | 0.20         |
| 1     | 2159      | 12.60             | 16.40            | 18.93            | 17.62            | 19.07            | 0.007387            | 1.65              | 7.61              | 3.01             | 0.33         |
| 1     | 2159      | 24.10             | 16.40            | 19.93            | 18.27            | 20.19            | 0.012018            | 2.27              | 10.60             | 3.01             | 0.39         |
| 1     | 2159      | 19.50             | 16.40            | 19.55            | 18.03            | 19.76            | 0.010387            | 2.06              | 9.45              | 3.01             | 0.37         |
| 1     | 2158      | Bridge            |                  |                  |                  |                  |                     |                   |                   |                  |              |
| 1     | 2151      | 12.60             | 16.40            | 18.37            | 17.62            | 18.60            | 0.013943            | 2.13              | 5.93              | 3.01             | 0.48         |
| 1     | 2151      | 24.10             | 16.40            | 19.33            | 18.27            | 19.71            | 0.018896            | 2.74              | 8.80              | 3.01             | 0.51         |
| 1     | 2151      | 19.50             | 16.40            | 18.93            | 18.02            | 19.27            | 0.017698            | 2.56              | 7.61              | 3.01             | 0.51         |
| 1     | 2150      | 12.60             | 16.35            | 18.49            | 17.67            | 18.55            | 0.001984            | 1.19              | 12.01             | 8.36             | 0.29         |
| 1     | 2150      | 24.10             | 16.35            | 19.53            | 18.03            | 19.62            | 0.001380            | 1.36              | 20.78             | 8.36             | 0.26         |
| 1     | 2150      | 19.50             | 16.35            | 19.11            | 17.90            | 19.19            | 0.001594            | 1.31              | 17.23             | 8.36             | 0.27         |
| 1     | 2130      | 12.60             | 16.36            | 18.46            | 17.63            | 18.51            | 0.001712            | 1.11              | 13.05             | 9.39             | 0.27         |
| 1     | 2130      | 24.10             | 16.36            | 19.52            | 17.98            | 19.59            | 0.001128            | 1.23              | 23.07             | 9.40             | 0.24         |
| 1     | 2130      | 19.50             | 16.36            | 19.09            | 17.86            | 19.15            | 0.001320            | 1.20              | 19.03             | 9.40             | 0.25         |
| 1     | 2125      | Bridge            |                  |                  |                  |                  |                     |                   |                   |                  |              |
| 1     | 2120      | 12.60             | 16.33            | 18.41            | 17.61            | 18.47            | 0.001849            | 1.13              | 12.72             | 9.39             | 0.28         |
| 1     | 2120      | 24.10             | 16.33            | 19.50            | 17.97            | 19.57            | 0.001142            | 1.24              | 22.99             | 9.40             | 0.24         |
| 1     | 2120      | 19.50             | 16.33            | 19.07            | 17.85            | 19.13            | 0.001351            | 1.20              | 18.89             | 9.40             | 0.25         |
| 1     | 2115      | 12.60             | 16.30            | 18.40            | 17.66            | 18.46            | 0.002024            | 1.17              | 12.35             | 9.39             | 0.29         |
| 1     | 2115      | 24.10             | 16.30            | 19.50            | 17.99            | 19.56            | 0.001185            | 1.26              | 22.67             | 9.40             | 0.24         |
| 1     | 2115      | 19.50             | 16.30            | 19.06            | 17.88            | 19.12            | 0.001421            | 1.23              | 18.56             | 9.40             | 0.26         |
| 1     | 2050      | 12.60             | 16.25            | 18.22            | 17.63            | 18.30            | 0.003019            | 1.33              | 10.80             | 9.37             | 0.35         |
| 1     | 2050      | 24.10             | 16.25            | 19.41            | 17.98            | 19.48            | 0.001301            | 1.29              | 22.01             | 9.40             | 0.25         |
| 1     | 2050      | 19.50             | 16.25            | 18.95            | 17.86            | 19.02            | 0.001646            | 1.28              | 17.69             | 9.40             | 0.27         |
| 1     | 2000      | 12.60             | 15.98            | 18.13            | 17.12            | 18.19            | 0.001518            | 1.15              | 12.90             | 7.62             | 0.27         |
| 1     | 2000      | 24.10             | 15.98            | 19.35            | 17.49            | 19.42            | 0.001073            | 1.35              | 22.17             | 7.62             | 0.24         |
| 1     | 2000      | 19.50             | 15.98            | 18.89            | 17.35            | 18.95            | 0.001187            | 1.27              | 18.65             | 7.62             | 0.25         |
| 1     | 1950      | 12.60             | 15.83            | 18.06            | 16.94            | 18.11            | 0.001575            | 1.01              | 13.07             | 7.40             | 0.24         |
| 1     | 1950      | 24.10             | 15.83            | 19.30            | 17.33            | 19.36            | 0.001249            | 1.15              | 22.25             | 7.40             | 0.21         |
| 1     | 1950      | 19.50             | 15.83            | 18.83            | 17.19            | 18.89            | 0.001322            | 1.10              | 18.78             | 7.40             | 0.22         |
| 1     | 1900      | 12.60             | 15.75            | 18.02            | 16.89            | 18.05            | 0.000778            | 0.80              | 17.50             | 11.00            | 0.19         |
| 1     | 1900      | 24.10             | 15.75            | 19.28            | 17.24            | 19.32            | 0.000463            | 0.88              | 31.40             | 11.00            | 0.16         |
| 1     | 1900      | 19.50             | 15.75            | 18.81            | 17.13            | 18.84            | 0.000534            | 0.84              | 26.18             | 11.00            | 0.17         |
| 1     | 1850      | 12.60             | 15.47            | 17.68            | 16.81            | 17.92            | 0.015623            | 2.19              | 5.75              | 2.61             | 0.47         |
| 1     | 1850      | 24.10             | 15.47            | 18.83            | 17.52            | 19.21            | 0.020614            | 2.76              | 8.74              | 2.61             | 0.48         |
| 1     | 1850      | 19.50             | 15.47            | 18.40            | 17.26            | 18.73            | 0.018676            | 2.55              | 7.63              | 2.61             | 0.48         |
| 1     | 1840      | 12.60             | 15.40            | 17.47            | 16.73            | 17.75            | 0.018320            | 2.34              | 5.40              | 2.61             | 0.52         |
| 1     | 1840      | 24.10             | 15.40            | 18.54            | 17.45            | 18.98            | 0.024094            | 2.94              | 8.19              | 2.61             | 0.53         |
| 1     | 1840      | 19.50             | 15.40            | 18.15            | 17.19            | 18.53            | 0.021815            | 2.72              | 7.16              | 2.61             | 0.52         |
| 1     | 1839      | 12.60             | 14.70            | 17.54            | 16.08            | 17.70            | 0.009413            | 1.77              | 7.12              | 2.51             | 0.34         |
| 1     | 1839      | 24.10             | 14.70            | 18.62            | 16.82            | 18.92            | 0.016105            | 2.45              | 9.82              | 2.51             | 0.40         |
| 1     | 1839      | 19.50             | 14.70            | 18.22            | 16.54            | 18.47            | 0.013531            | 2.21              | 8.82              | 2.51             | 0.38         |
| 1     | 1835      | Bridge            |                  |                  |                  |                  |                     |                   |                   |                  |              |
| 1     | 1830      | 12.60             | 14.66            | 16.67            | 16.03            | 16.99            | 0.022116            | 2.50              | 5.03              | 2.51             | 0.56         |
| 1     | 1830      | 24.10             | 14.66            | 17.36            | 16.78            | 18.01            | 0.038936            | 3.56              | 6.77              | 2.51             | 0.69         |
| 1     | 1830      | 19.50             | 14.66            | 17.09            | 16.50            | 17.61            | 0.033192            | 3.21              | 6.07              | 2.51             | 0.66         |
| 1     | 1810      | 12.60             | 14.61            | 16.88            | 15.60            | 16.88            | 0.000169            | 0.34              | 52.25             | 66.75            | 0.08         |
| 1     | 1810      | 24.10             | 14.61            | 17.81            | 16.20            | 17.81            | 0.000057            | 0.27              | 114.22            | 66.75            | 0.05         |
| 1     | 1810      | 19.50             | 14.61            | 17.45            | 15.88            | 17.45            | 0.000079            | 0.28              | 90.00             | 66.75            | 0.06         |

HEC-RAS Plan: intermedio River: OZZORETTO Reach: 1 (Continued)

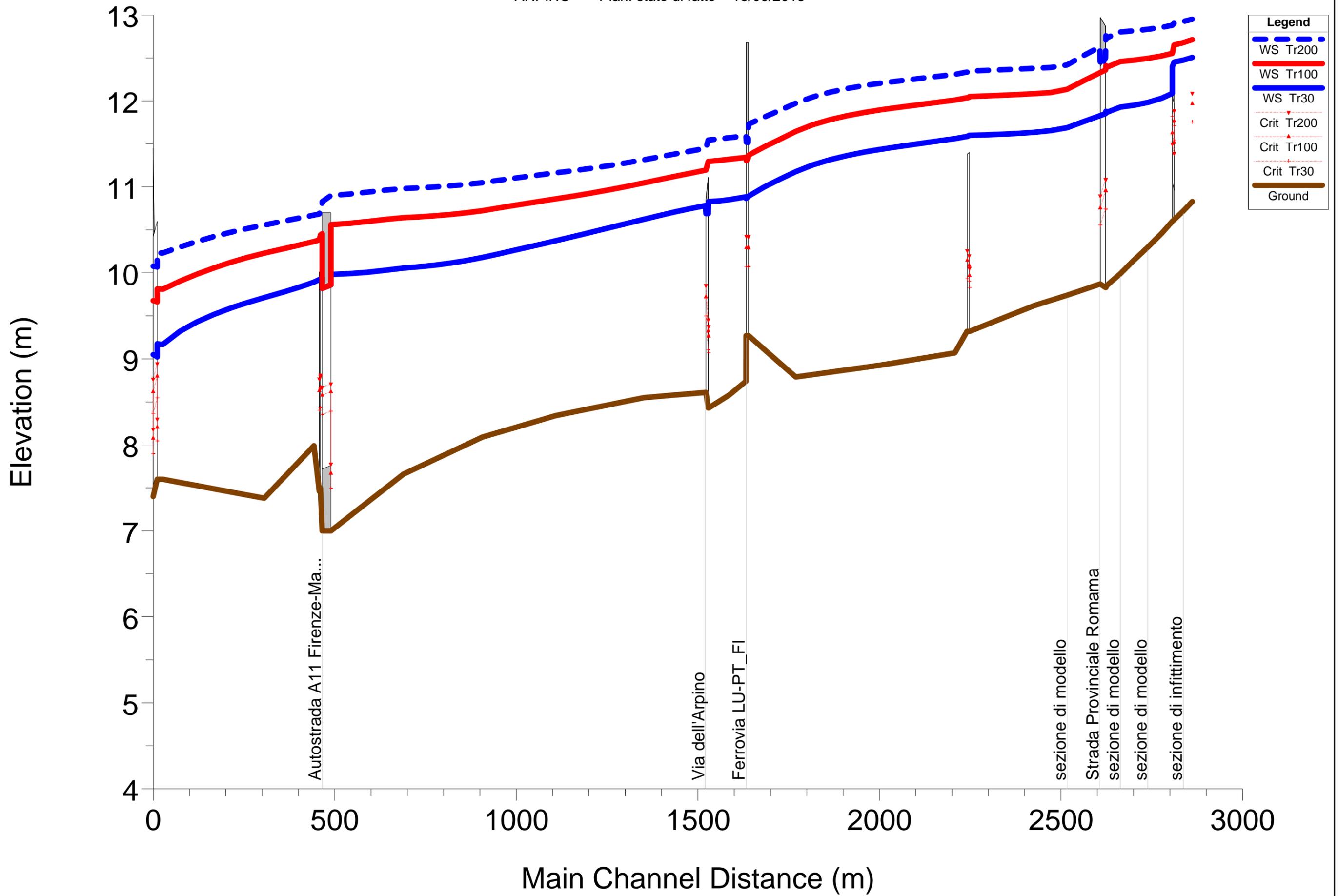
| Reach | River Sta | Q Total<br>(m3/s) | Min Ch El<br>(m) | W.S. Elev<br>(m) | Crit W.S.<br>(m) | E.G. Elev<br>(m) | E.G. Slope<br>(m/m) | Vel Chnl<br>(m/s) | Flow Area<br>(m2) | Top Width<br>(m) | Froude # Chl |
|-------|-----------|-------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|---------------------|-------------------|-------------------|------------------|--------------|
| 1     | 1760      | 12.60             | 14.53            | 16.85            | 15.57            | 16.87            | 0.000512            | 0.58              | 27.03             | 31.46            | 0.15         |
| 1     | 1760      | 24.10             | 14.53            | 17.80            | 15.97            | 17.81            | 0.000084            | 0.32              | 98.66             | 63.95            | 0.06         |
| 1     | 1760      | 19.50             | 14.53            | 17.44            | 15.82            | 17.44            | 0.000126            | 0.35              | 75.33             | 63.95            | 0.08         |
| 1     | 1710      | 12.60             | 14.37            | 16.83            | 15.55            | 16.84            | 0.000535            | 0.58              | 27.38             | 34.46            | 0.15         |
| 1     | 1710      | 24.10             | 14.37            | 17.80            | 15.95            | 17.80            | 0.000101            | 0.35              | 90.88             | 60.35            | 0.07         |
| 1     | 1710      | 19.50             | 14.37            | 17.43            | 15.80            | 17.44            | 0.000154            | 0.39              | 68.71             | 60.35            | 0.08         |
| 1     | 1660      | 12.60             | 14.37            | 16.80            | 15.52            | 16.81            | 0.000615            | 0.61              | 25.32             | 33.30            | 0.16         |
| 1     | 1660      | 24.10             | 14.37            | 17.79            | 15.90            | 17.80            | 0.000183            | 0.46              | 64.91             | 41.94            | 0.09         |
| 1     | 1660      | 19.50             | 14.37            | 17.42            | 15.76            | 17.43            | 0.000266            | 0.50              | 49.33             | 41.94            | 0.11         |
| 1     | 1610      | 12.60             | 14.34            | 16.77            | 15.61            | 16.78            | 0.000598            | 0.58              | 27.13             | 34.83            | 0.16         |
| 1     | 1610      | 24.10             | 14.34            | 17.78            | 15.99            | 17.79            | 0.000128            | 0.38              | 82.84             | 62.37            | 0.08         |
| 1     | 1610      | 19.50             | 14.34            | 17.41            | 15.85            | 17.41            | 0.000211            | 0.43              | 59.40             | 62.37            | 0.10         |
| 1     | 1560      | 12.60             | 14.53            | 16.74            | 15.46            | 16.75            | 0.000578            | 0.58              | 26.62             | 36.71            | 0.16         |
| 1     | 1560      | 24.10             | 14.53            | 17.78            | 15.83            | 17.78            | 0.000093            | 0.34              | 96.95             | 70.67            | 0.07         |
| 1     | 1560      | 19.50             | 14.53            | 17.40            | 15.69            | 17.40            | 0.000156            | 0.39              | 70.15             | 70.67            | 0.09         |
| 1     | 1510      | 12.60             | 14.53            | 16.68            | 15.45            | 16.71            | 0.000971            | 0.77              | 16.47             | 10.74            | 0.20         |
| 1     | 1510      | 24.10             | 14.53            | 17.77            | 15.81            | 17.78            | 0.000068            | 0.28              | 112.58            | 76.94            | 0.06         |
| 1     | 1510      | 19.50             | 14.53            | 17.39            | 15.68            | 17.40            | 0.000111            | 0.32              | 83.25             | 76.94            | 0.07         |
| 1     | 1460      | 12.60             | 14.46            | 16.70            | 15.23            | 16.70            | 0.000075            | 0.24              | 70.06             | 72.03            | 0.06         |
| 1     | 1460      | 24.10             | 14.46            | 17.77            | 15.59            | 17.77            | 0.000027            | 0.20              | 147.66            | 72.03            | 0.04         |
| 1     | 1460      | 19.50             | 14.46            | 17.39            | 15.46            | 17.39            | 0.000034            | 0.20              | 120.18            | 72.03            | 0.04         |
| 1     | 1410      | 12.60             | 14.59            | 16.68            | 15.37            | 16.69            | 0.000334            | 0.45              | 34.00             | 35.57            | 0.12         |
| 1     | 1410      | 24.10             | 14.59            | 17.77            | 15.73            | 17.77            | 0.000060            | 0.27              | 108.07            | 59.73            | 0.05         |
| 1     | 1410      | 19.50             | 14.59            | 17.39            | 15.60            | 17.39            | 0.000082            | 0.29              | 85.23             | 59.73            | 0.06         |
| 1     | 1360      | 12.60             | 14.48            | 16.66            | 15.35            | 16.67            | 0.000452            | 0.56              | 29.31             | 38.28            | 0.14         |
| 1     | 1360      | 24.10             | 14.48            | 17.76            | 15.74            | 17.77            | 0.000128            | 0.42              | 71.58             | 38.29            | 0.08         |
| 1     | 1360      | 19.50             | 14.48            | 17.38            | 15.59            | 17.38            | 0.000169            | 0.44              | 56.87             | 38.29            | 0.09         |
| 1     | 1310      | 12.60             | 14.42            | 16.64            | 15.21            | 16.65            | 0.000369            | 0.52              | 32.45             | 41.43            | 0.12         |
| 1     | 1310      | 24.10             | 14.42            | 17.76            | 15.58            | 17.76            | 0.000105            | 0.38              | 78.76             | 41.43            | 0.07         |
| 1     | 1310      | 19.50             | 14.42            | 17.37            | 15.44            | 17.38            | 0.000137            | 0.40              | 62.77             | 41.43            | 0.08         |
| 1     | 1260      | 12.60             | 14.37            | 16.62            | 15.24            | 16.63            | 0.000416            | 0.56              | 31.44             | 51.18            | 0.13         |
| 1     | 1260      | 24.10             | 14.37            | 17.75            | 15.63            | 17.76            | 0.000086            | 0.35              | 89.55             | 51.18            | 0.07         |
| 1     | 1260      | 19.50             | 14.37            | 17.36            | 15.49            | 17.37            | 0.000121            | 0.38              | 69.71             | 51.18            | 0.08         |
| 1     | 1255      | 12.60             | 14.40            | 16.62            | 14.86            | 16.63            | 0.000244            | 0.44              | 28.82             | 13.01            | 0.09         |
| 1     | 1255      | 24.10             | 14.40            | 17.74            | 15.10            | 17.75            | 0.000268            | 0.56              | 43.41             | 13.01            | 0.10         |
| 1     | 1255      | 19.50             | 14.40            | 17.35            | 15.01            | 17.37            | 0.000250            | 0.51              | 38.41             | 13.01            | 0.09         |
| 1     | 1250      | Bridge            |                  |                  |                  |                  |                     |                   |                   |                  |              |
| 1     | 1215      | 12.60             | 13.94            | 16.59            | 14.40            | 16.60            | 0.000143            | 0.37              | 34.50             | 13.01            | 0.07         |
| 1     | 1215      | 24.10             | 13.94            | 17.70            | 14.64            | 17.71            | 0.000191            | 0.49              | 48.91             | 13.01            | 0.08         |
| 1     | 1215      | 19.50             | 13.94            | 17.32            | 14.55            | 17.33            | 0.000170            | 0.44              | 43.91             | 13.01            | 0.08         |
| 1     | 1210      | 12.60             | 13.94            | 16.59            | 15.10            | 16.60            | 0.000445            | 0.56              | 27.60             | 28.18            | 0.13         |
| 1     | 1210      | 24.10             | 13.94            | 17.70            | 15.57            | 17.71            | 0.000163            | 0.47              | 61.90             | 30.89            | 0.09         |
| 1     | 1210      | 19.50             | 13.94            | 17.32            | 15.40            | 17.33            | 0.000203            | 0.47              | 49.97             | 30.88            | 0.10         |
| 1     | 1180      | 12.60             | 14.23            | 16.56            | 15.10            | 16.58            | 0.000766            | 0.67              | 18.87             | 17.15            | 0.18         |
| 1     | 1180      | 24.10             | 14.23            | 17.68            | 15.50            | 17.70            | 0.000396            | 0.67              | 38.31             | 17.30            | 0.13         |
| 1     | 1180      | 19.50             | 14.23            | 17.30            | 15.35            | 17.32            | 0.000452            | 0.65              | 31.62             | 17.30            | 0.14         |
| 1     | 1175      | Bridge            |                  |                  |                  |                  |                     |                   |                   |                  |              |
| 1     | 1170      | 12.60             | 14.20            | 16.41            | 15.07            | 16.43            | 0.000981            | 0.73              | 17.19             | 12.38            | 0.20         |
| 1     | 1170      | 24.10             | 14.20            | 17.49            | 15.47            | 17.52            | 0.000491            | 0.72              | 35.57             | 17.30            | 0.15         |
| 1     | 1170      | 19.50             | 14.20            | 17.06            | 15.32            | 17.08            | 0.000639            | 0.73              | 28.00             | 17.30            | 0.17         |
| 1     | 1160      | 12.60             | 13.89            | 16.40            | 14.98            | 16.42            | 0.000893            | 0.73              | 18.09             | 18.54            | 0.19         |
| 1     | 1160      | 24.10             | 13.89            | 17.50            | 15.41            | 17.51            | 0.000158            | 0.43              | 68.80             | 38.47            | 0.09         |
| 1     | 1160      | 19.50             | 13.89            | 17.06            | 15.25            | 17.07            | 0.000243            | 0.47              | 51.92             | 38.47            | 0.10         |
| 1     | 1110      | 12.60             | 13.74            | 16.37            | 14.70            | 16.39            | 0.000583            | 0.64              | 22.56             | 25.70            | 0.15         |
| 1     | 1110      | 24.10             | 13.74            | 17.49            | 15.12            | 17.50            | 0.000160            | 0.45              | 65.90             | 34.13            | 0.09         |

HEC-RAS Plan: intermedio River: OZZORETTO Reach: 1 (Continued)

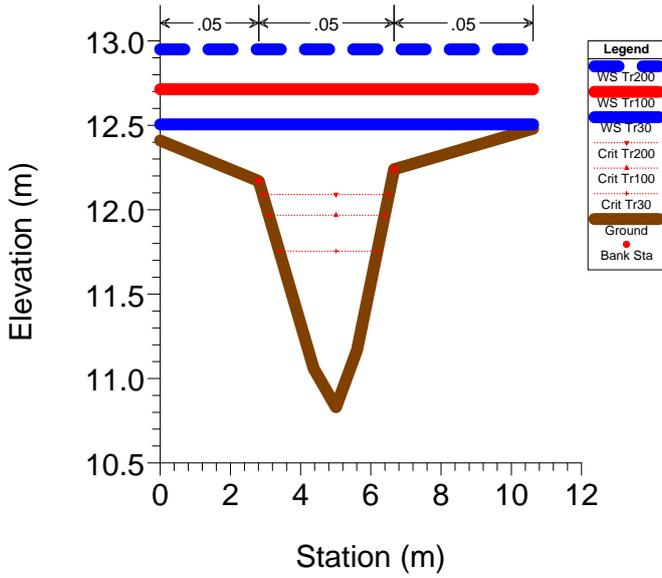
| Reach | River Sta | Q Total<br>(m3/s) | Min Ch El<br>(m) | W.S. Elev<br>(m) | Crit W.S.<br>(m) | E.G. Elev<br>(m) | E.G. Slope<br>(m/m) | Vel Chnl<br>(m/s) | Flow Area<br>(m2) | Top Width<br>(m) | Froude # Chl |
|-------|-----------|-------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|---------------------|-------------------|-------------------|------------------|--------------|
| 1     | 1110      | 19.50             | 13.74            | 17.05            | 14.96            | 17.06            | 0.000230            | 0.48              | 50.81             | 34.13            | 0.10         |
| 1     | 1060      | 12.60             | 13.68            | 16.33            | 14.64            | 16.36            | 0.000617            | 0.65              | 20.20             | 17.67            | 0.16         |
| 1     | 1060      | 24.10             | 13.68            | 17.49            | 15.07            | 17.50            | 0.000081            | 0.32              | 88.32             | 41.90            | 0.06         |
| 1     | 1060      | 19.50             | 13.68            | 17.05            | 14.91            | 17.05            | 0.000111            | 0.34              | 69.73             | 41.90            | 0.07         |
| 1     | 1040      | 12.60             | 13.66            | 16.34            | 14.12            | 16.35            | 0.000139            | 0.36              | 34.82             | 13.01            | 0.07         |
| 1     | 1040      | 24.10             | 13.66            | 17.48            | 14.36            | 17.49            | 0.000182            | 0.49              | 49.67             | 13.01            | 0.08         |
| 1     | 1040      | 19.50             | 13.66            | 17.04            | 14.27            | 17.05            | 0.000170            | 0.44              | 43.93             | 13.01            | 0.08         |
| 1     | 1035      | Bridge            |                  |                  |                  |                  |                     |                   |                   |                  |              |
| 1     | 1030      | 12.60             | 13.66            | 16.33            | 14.12            | 16.34            | 0.000141            | 0.36              | 34.71             | 13.01            | 0.07         |
| 1     | 1030      | 24.10             | 13.66            | 17.47            | 14.36            | 17.48            | 0.000184            | 0.49              | 49.51             | 13.01            | 0.08         |
| 1     | 1030      | 19.50             | 13.66            | 17.03            | 14.27            | 17.04            | 0.000172            | 0.45              | 43.75             | 13.01            | 0.08         |
| 1     | 1010      | 12.60             | 13.63            | 16.32            | 14.68            | 16.33            | 0.000802            | 0.56              | 24.77             | 40.44            | 0.17         |
| 1     | 1010      | 24.10             | 13.63            | 17.47            | 15.11            | 17.47            | 0.000139            | 0.38              | 71.41             | 40.44            | 0.08         |
| 1     | 1010      | 19.50             | 13.63            | 17.02            | 14.95            | 17.03            | 0.000224            | 0.42              | 53.40             | 40.44            | 0.10         |
| 1     | 960       | 12.60             | 13.55            | 16.29            | 14.54            | 16.30            | 0.000392            | 0.53              | 31.01             | 56.47            | 0.13         |
| 1     | 960       | 24.10             | 13.55            | 17.47            | 14.96            | 17.47            | 0.000072            | 0.32              | 97.40             | 56.47            | 0.06         |
| 1     | 960       | 19.50             | 13.55            | 17.02            | 14.81            | 17.02            | 0.000116            | 0.36              | 72.09             | 56.47            | 0.07         |
| 1     | 910       | 12.60             | 13.50            | 16.28            | 14.46            | 16.29            | 0.000214            | 0.37              | 42.04             | 46.59            | 0.09         |
| 1     | 910       | 24.10             | 13.50            | 17.46            | 14.86            | 17.47            | 0.000062            | 0.29              | 97.09             | 46.59            | 0.06         |
| 1     | 910       | 19.50             | 13.50            | 17.01            | 14.72            | 17.02            | 0.000087            | 0.30              | 76.16             | 46.59            | 0.06         |
| 1     | 860       | 12.60             | 13.48            | 16.28            | 14.48            | 16.28            | 0.000099            | 0.27              | 68.82             | 92.28            | 0.06         |
| 1     | 860       | 24.10             | 13.48            | 17.46            | 14.97            | 17.46            | 0.000020            | 0.17              | 178.32            | 92.28            | 0.03         |
| 1     | 860       | 19.50             | 13.48            | 17.01            | 14.77            | 17.01            | 0.000030            | 0.19              | 136.79            | 92.28            | 0.04         |
| 1     | 810       | 12.60             | 13.45            | 16.26            | 14.34            | 16.27            | 0.000262            | 0.51              | 29.22             | 19.63            | 0.11         |
| 1     | 810       | 24.10             | 13.45            | 17.45            | 14.78            | 17.46            | 0.000168            | 0.54              | 53.07             | 20.07            | 0.09         |
| 1     | 810       | 19.50             | 13.45            | 17.00            | 14.62            | 17.01            | 0.000192            | 0.53              | 44.04             | 20.07            | 0.10         |
| 1     | 760       | 12.60             | 13.43            | 16.25            | 14.32            | 16.26            | 0.000165            | 0.40              | 38.75             | 27.80            | 0.08         |
| 1     | 760       | 24.10             | 13.43            | 17.45            | 14.74            | 17.45            | 0.000093            | 0.40              | 73.66             | 31.05            | 0.07         |
| 1     | 760       | 19.50             | 13.43            | 16.99            | 14.58            | 17.00            | 0.000111            | 0.40              | 59.97             | 29.61            | 0.07         |
| 1     | 710       | 12.60             | 13.40            | 16.24            | 14.37            | 16.25            | 0.000149            | 0.40              | 38.67             | 24.34            | 0.08         |
| 1     | 710       | 24.10             | 13.40            | 17.44            | 14.82            | 17.45            | 0.000098            | 0.42              | 67.80             | 24.34            | 0.07         |
| 1     | 710       | 19.50             | 13.40            | 16.99            | 14.66            | 17.00            | 0.000111            | 0.41              | 56.80             | 24.34            | 0.07         |
| 1     | 660       | 12.60             | 13.37            | 16.24            | 14.44            | 16.24            | 0.000087            | 0.31              | 55.85             | 43.52            | 0.06         |
| 1     | 660       | 24.10             | 13.37            | 17.44            | 15.02            | 17.44            | 0.000042            | 0.28              | 108.07            | 43.52            | 0.05         |
| 1     | 660       | 19.50             | 13.37            | 16.99            | 14.72            | 16.99            | 0.000051            | 0.28              | 88.37             | 43.52            | 0.05         |
| 1     | 440       | 12.60             | 12.76            | 16.20            | 13.85            | 16.21            | 0.000289            | 0.51              | 24.49             | 9.60             | 0.10         |
| 1     | 440       | 24.10             | 12.76            | 17.39            | 14.30            | 17.42            | 0.000366            | 0.67              | 35.99             | 9.60             | 0.11         |
| 1     | 440       | 19.50             | 12.76            | 16.94            | 14.13            | 16.96            | 0.000339            | 0.62              | 31.66             | 9.60             | 0.11         |
| 1     | 220       | 24.70             | 12.53            | 16.11            | 14.05            | 16.14            | 0.000786            | 0.85              | 29.21             | 12.20            | 0.17         |
| 1     | 220       | 46.70             | 12.53            | 17.28            | 14.68            | 17.33            | 0.000897            | 1.07              | 43.48             | 12.20            | 0.18         |
| 1     | 220       | 37.90             | 12.53            | 16.83            | 14.45            | 16.88            | 0.000859            | 0.99              | 38.11             | 12.20            | 0.18         |
| 1     | 0         | 24.70             | 12.49            | 15.91            | 14.01            | 15.96            | 0.001000            | 0.99              | 26.48             | 13.20            | 0.20         |
| 1     | 0         | 46.70             | 12.49            | 17.07            | 14.65            | 17.14            | 0.001000            | 1.20              | 41.83             | 13.20            | 0.20         |
| 1     | 0         | 37.90             | 12.49            | 16.63            | 14.41            | 16.70            | 0.001000            | 1.13              | 36.04             | 13.20            | 0.20         |

**RISULTATI DEI CALCOLO IDRAULICI  
MODELLO MONODIMENSIONALE  
RIO ARPINO  
CONFIGURAZIONE STATO DI FATTO – ANTE OPERAM**

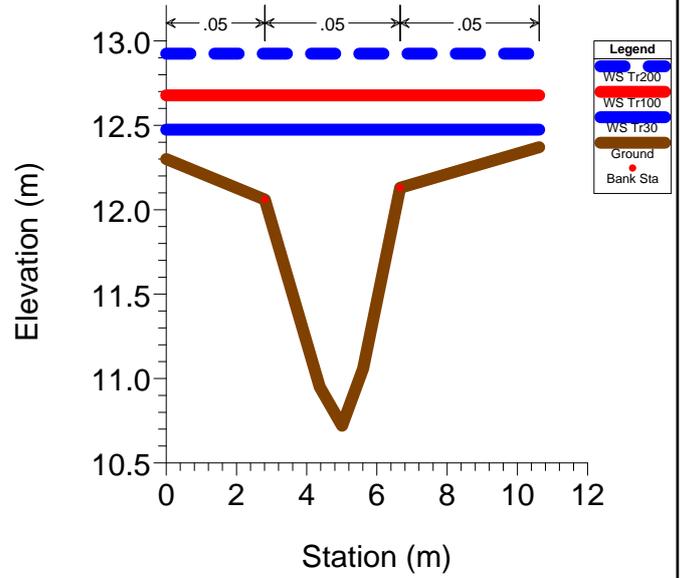




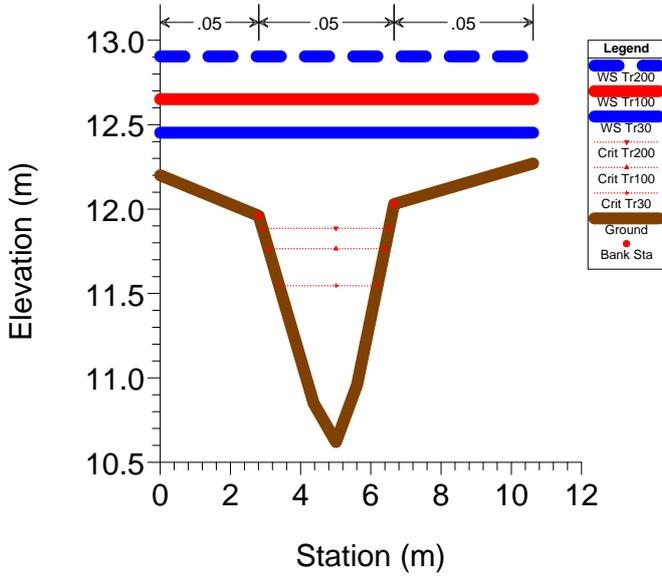
### RS = 31



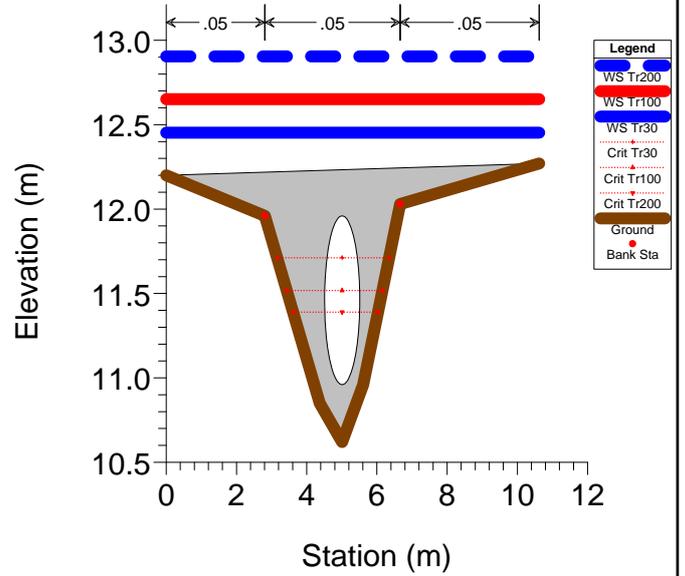
### RS = 30.5 sezione di infittimento



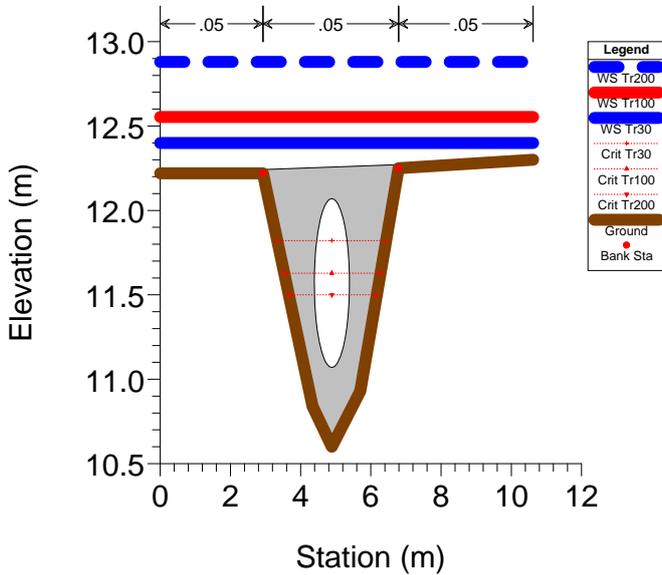
### RS = 30



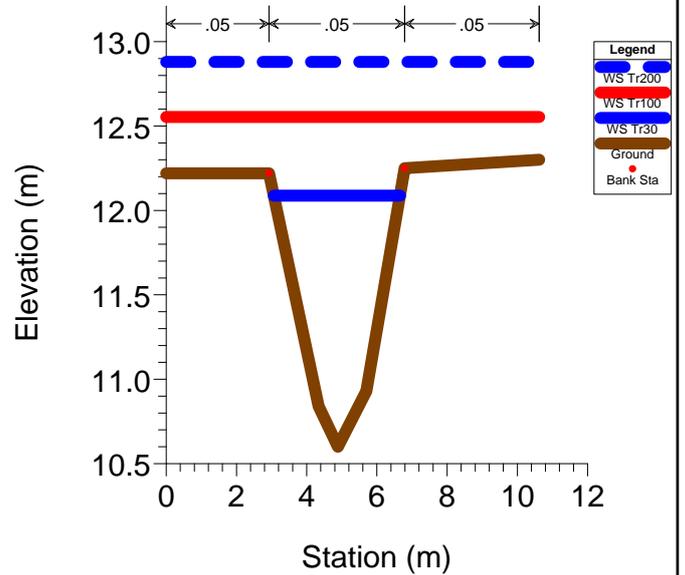
### RS = 29.5 Culv



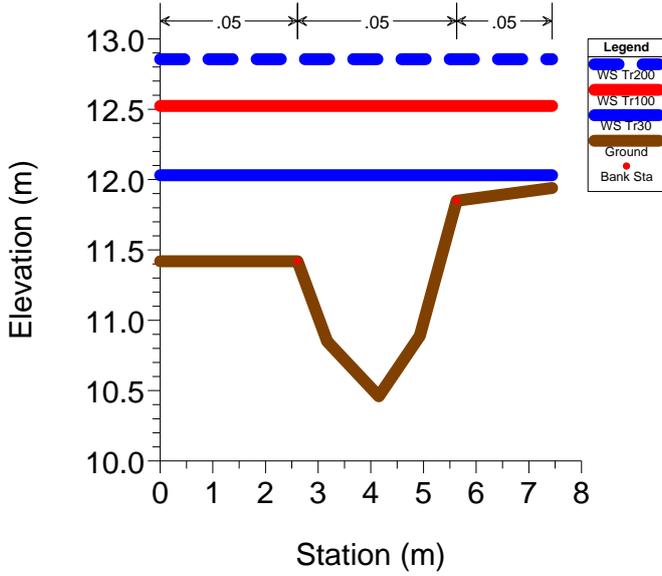
### RS = 29.5 Culv



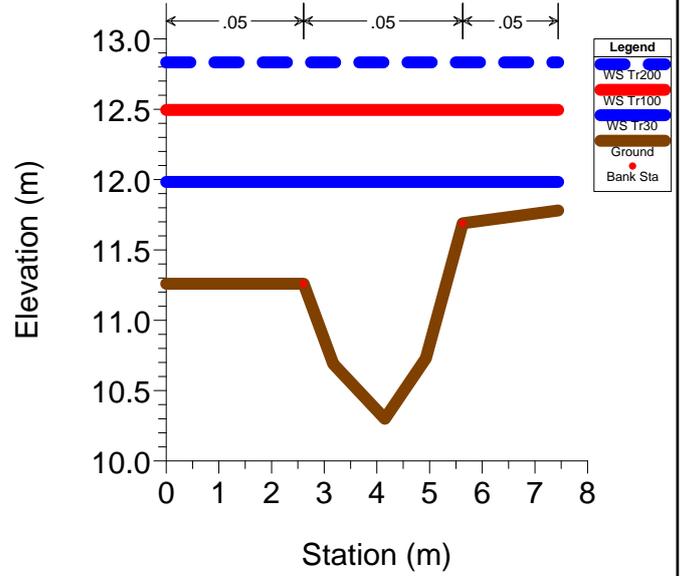
### RS = 29



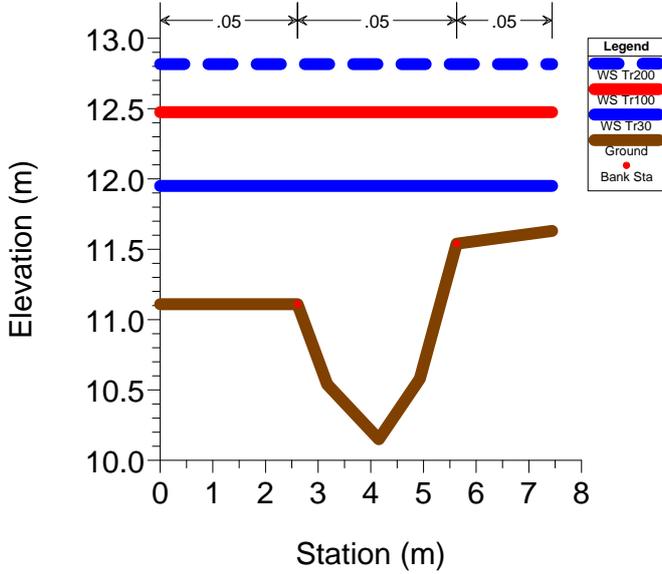
### RS = 28



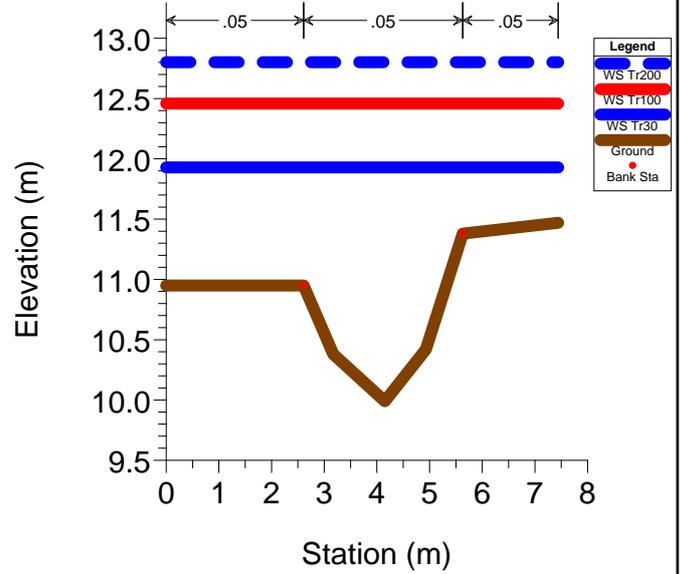
### RS = 27.6 sezione di modello



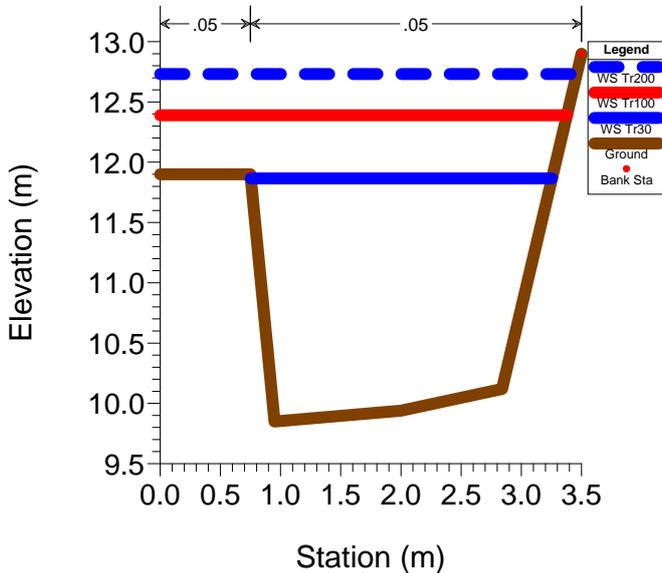
### RS = 27.5 sezione di modello



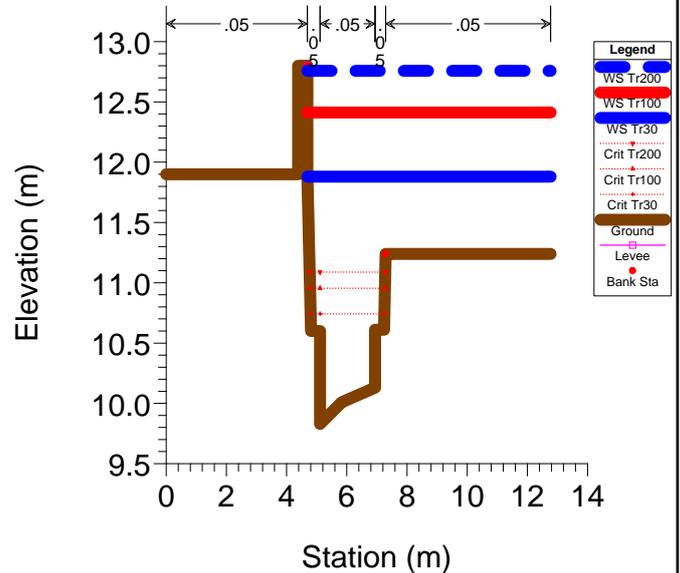
### RS = 27.4 sezione di modello



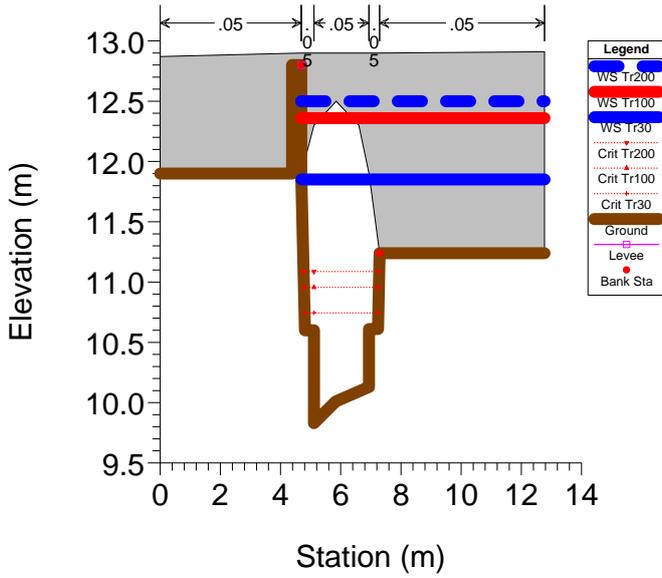
### RS = 27



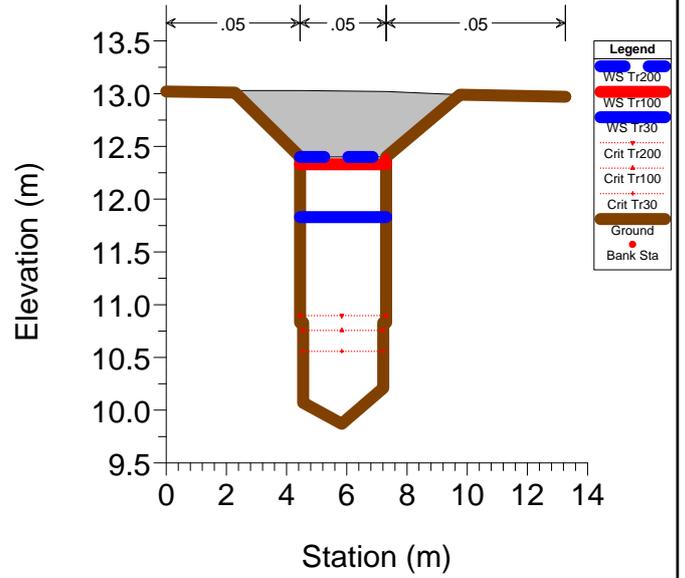
### RS = 26 Strada Provinciale Romana



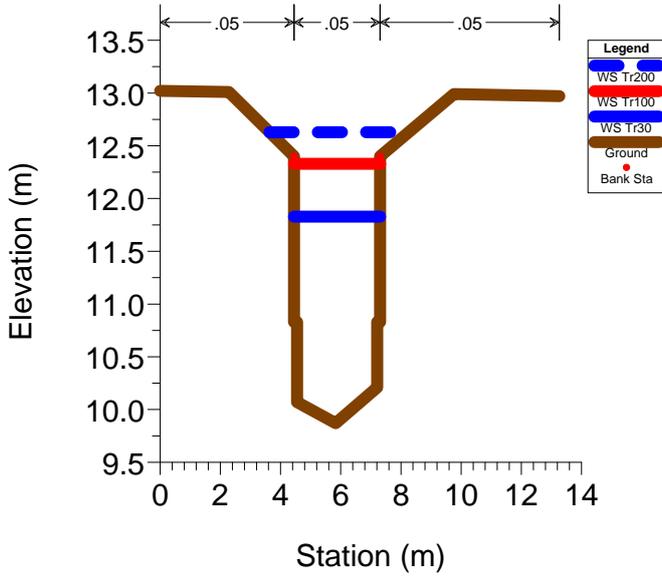
### RS = 25.5 BR via Romana



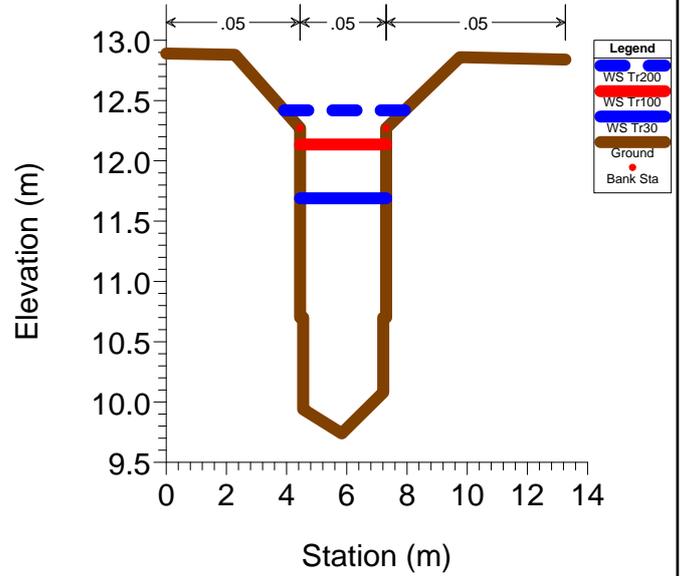
### RS = 25.5 BR via Romana



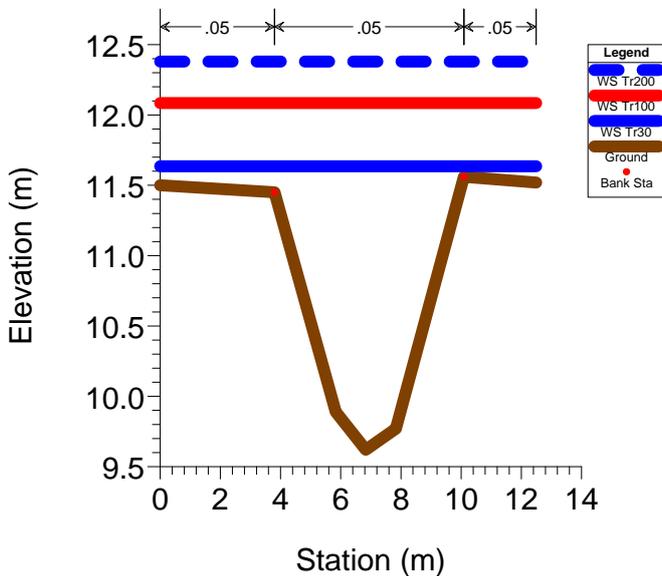
### RS = 25 Strada Provinciale Romama



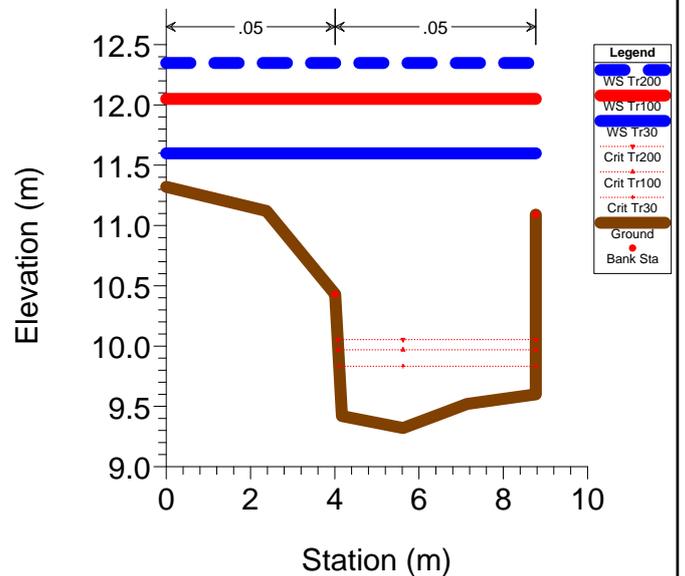
### RS = 24.5 sezione di modello



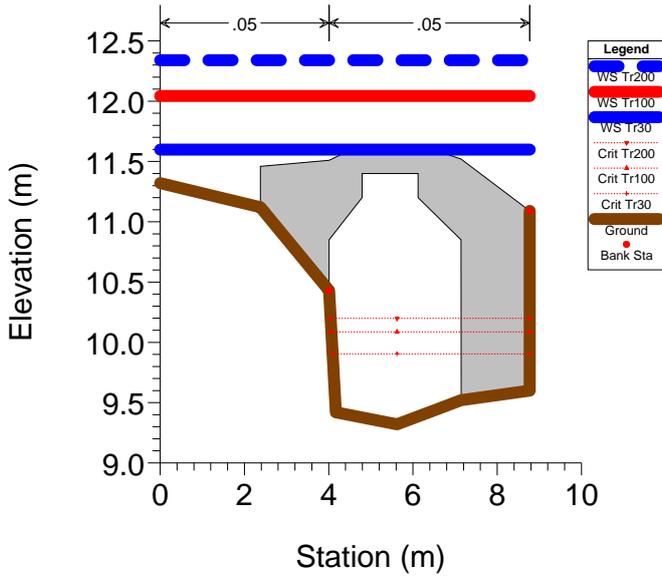
### RS = 24



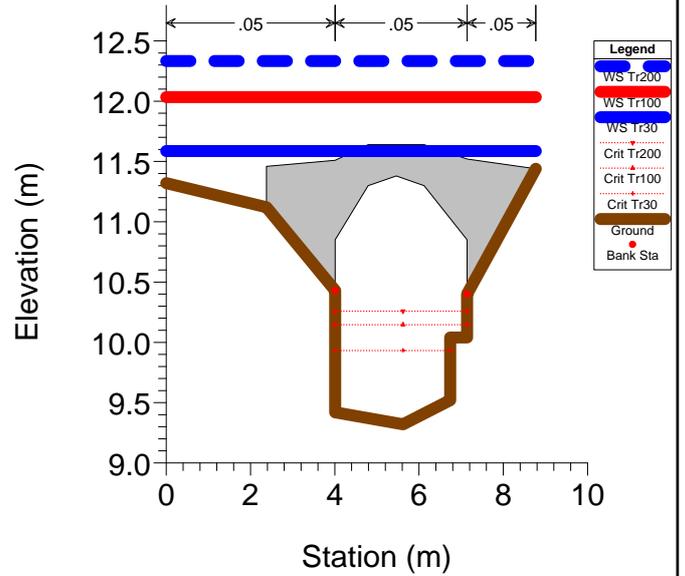
### RS = 23



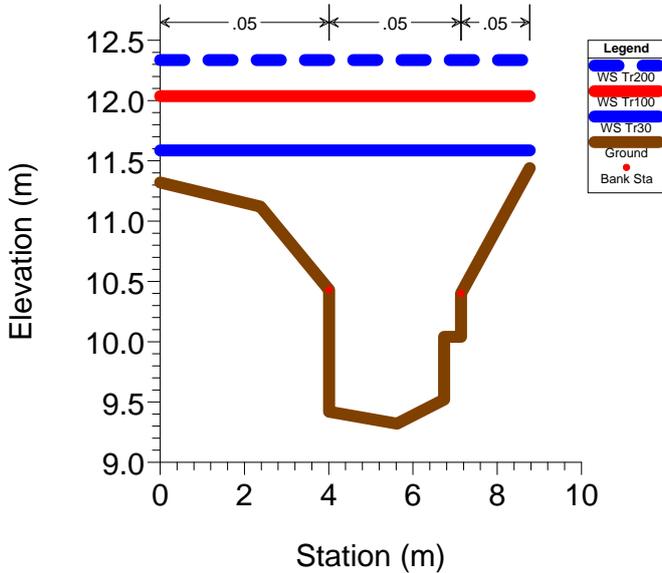
### RS = 22.5 BR



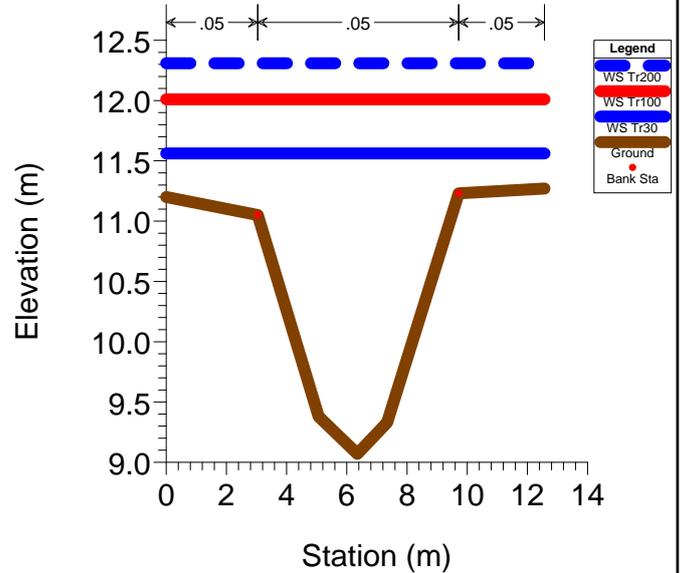
### RS = 22.5 BR



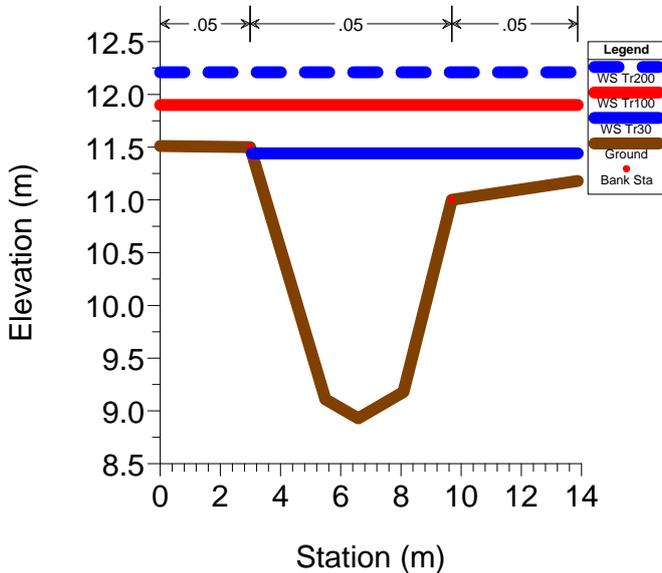
### RS = 22



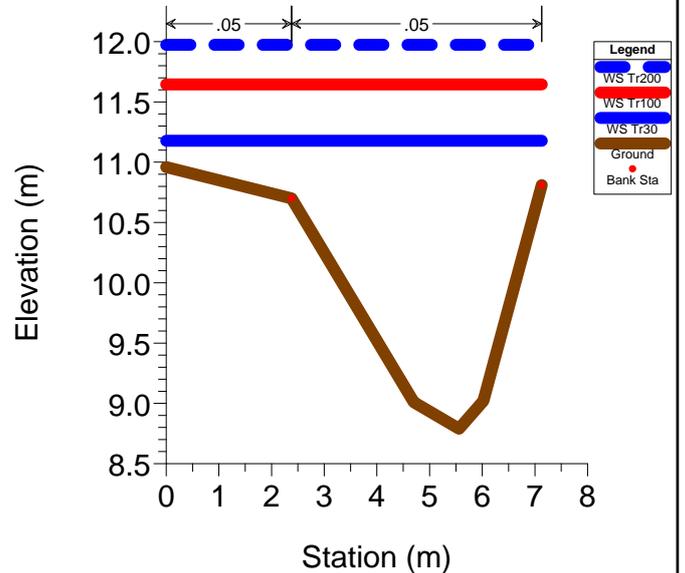
### RS = 21



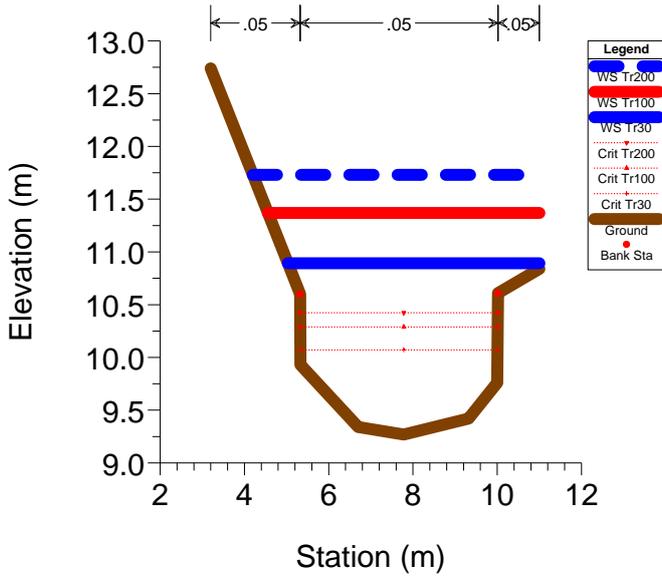
### RS = 20



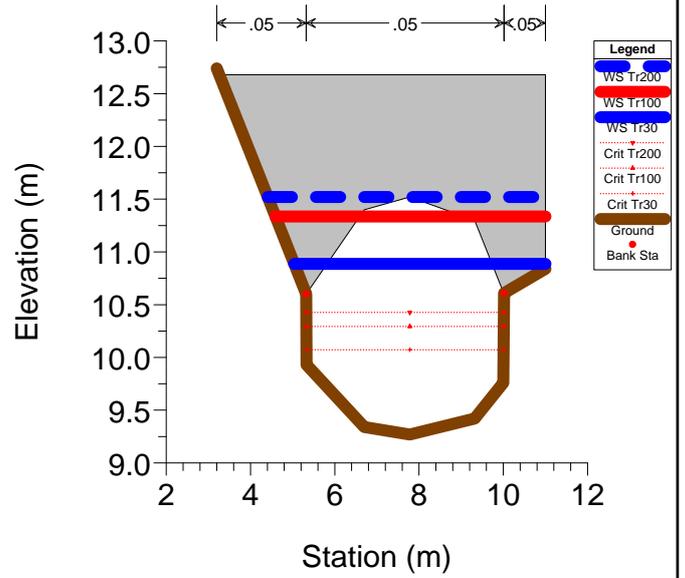
### RS = 19



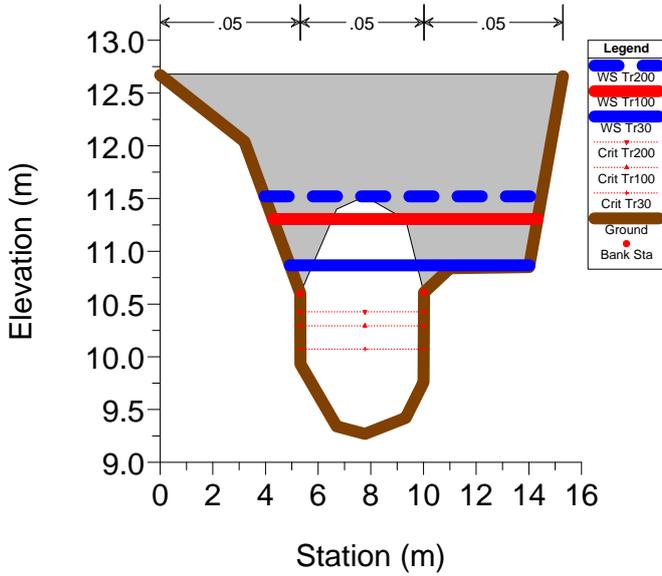
### RS = 18 Ferrovia LU-PT\_FI



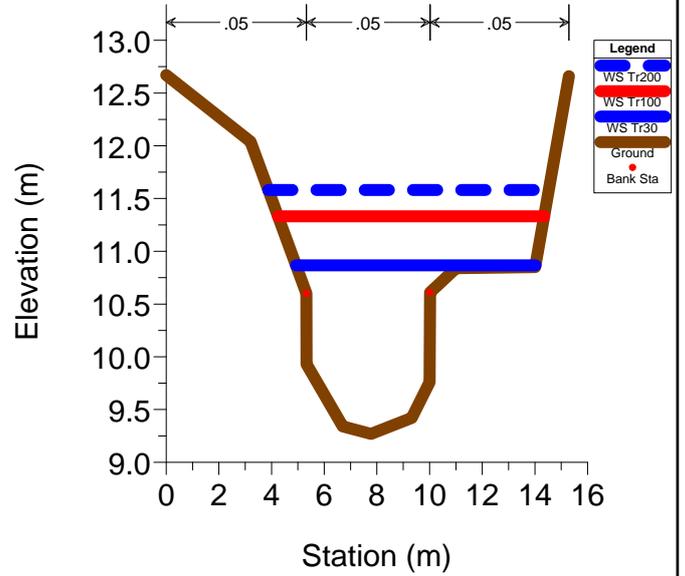
### RS = 17.5 BR ferrovia Lu-Pt



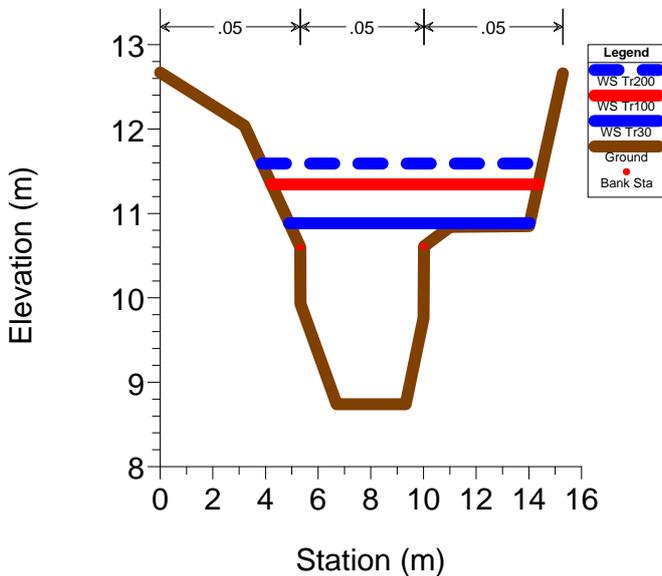
### RS = 17.5 BR ferrovia Lu-Pt



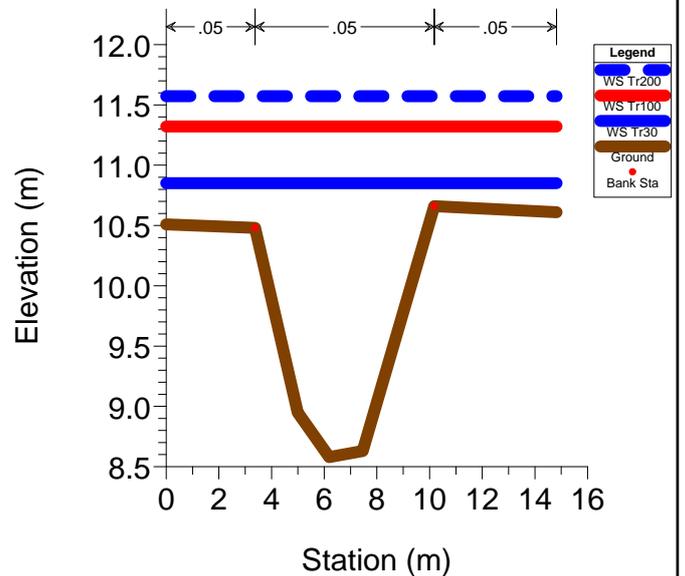
### RS = 17 Ferrovia LU-PT\_FI



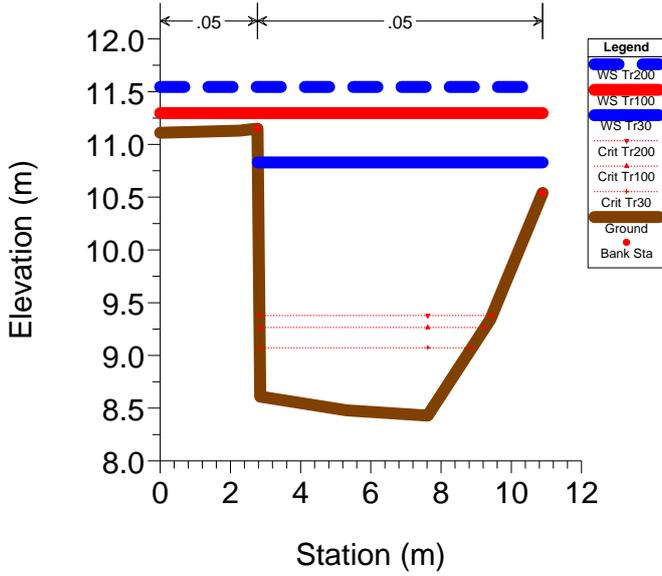
### RS = 16.9



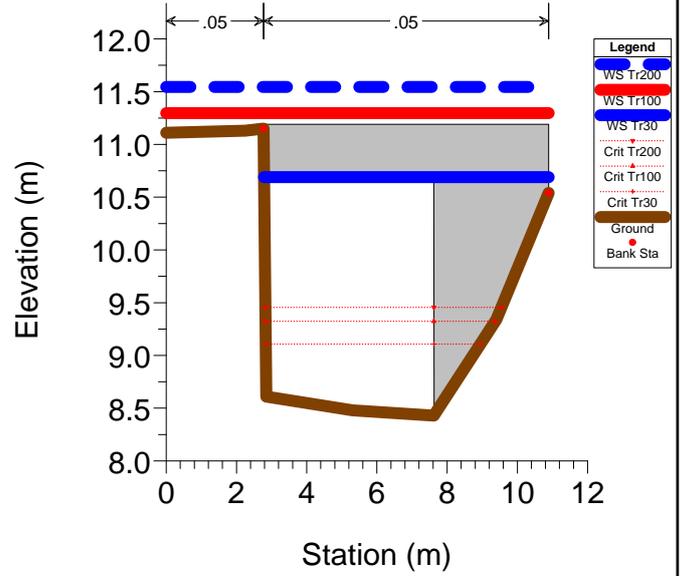
### RS = 16



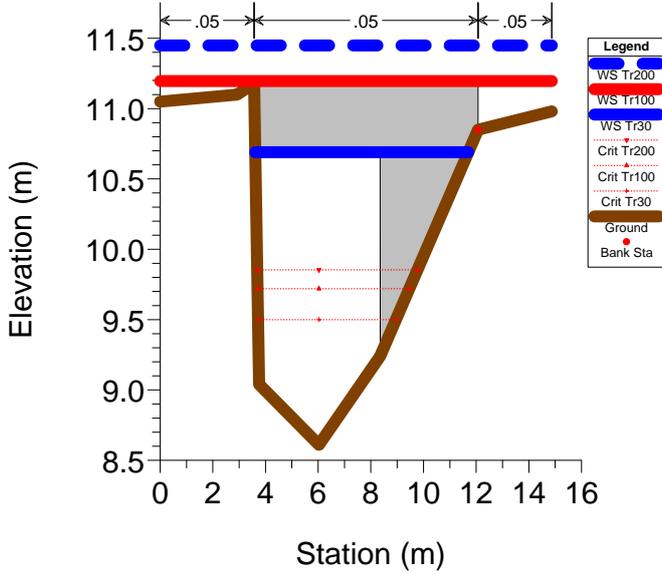
### RS = 15 Via dell'Arpino



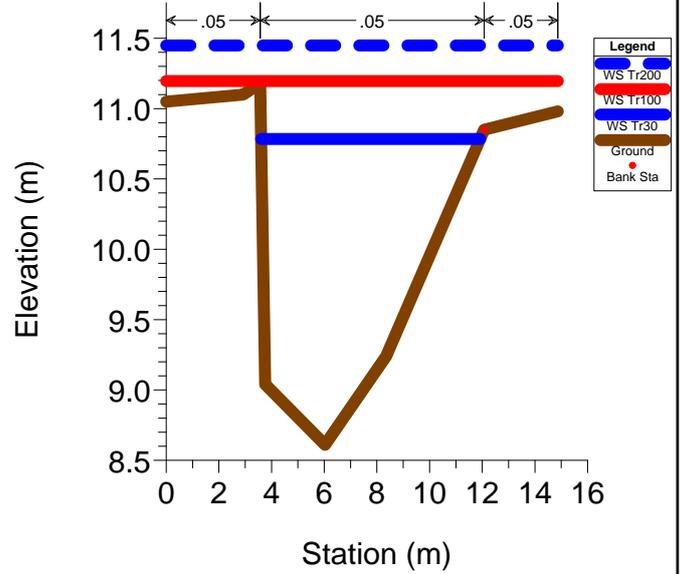
### RS = 14.5 BR Via dell'Arpino



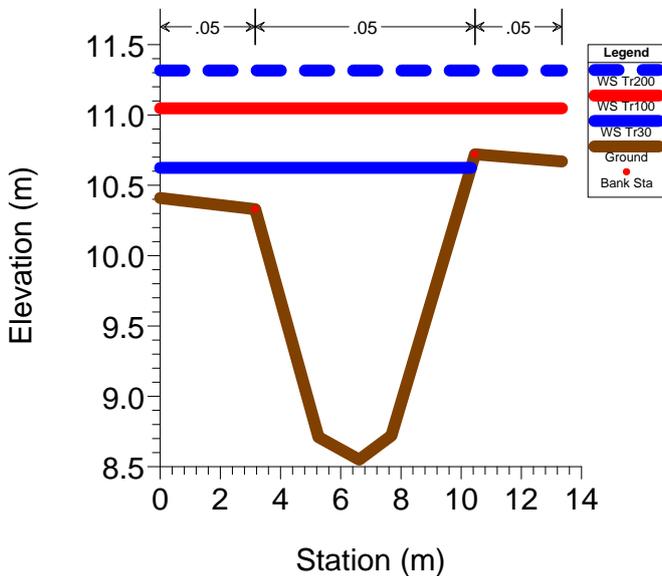
### RS = 14.5 BR Via dell'Arpino



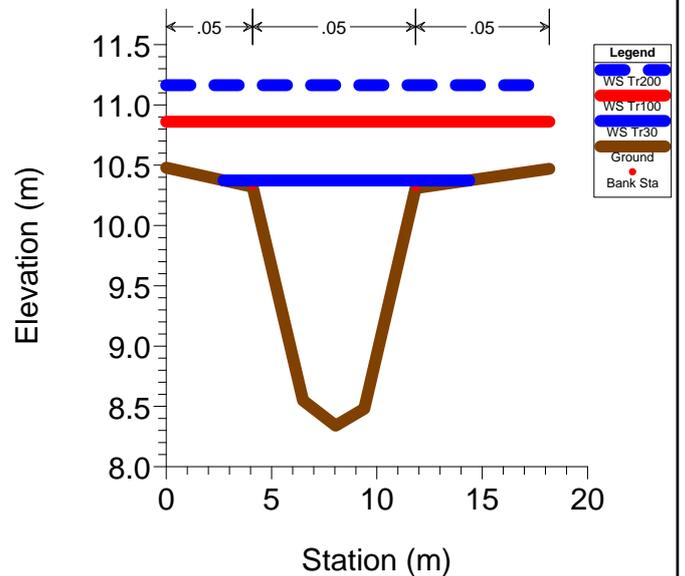
### RS = 14 Via dell'Arpino



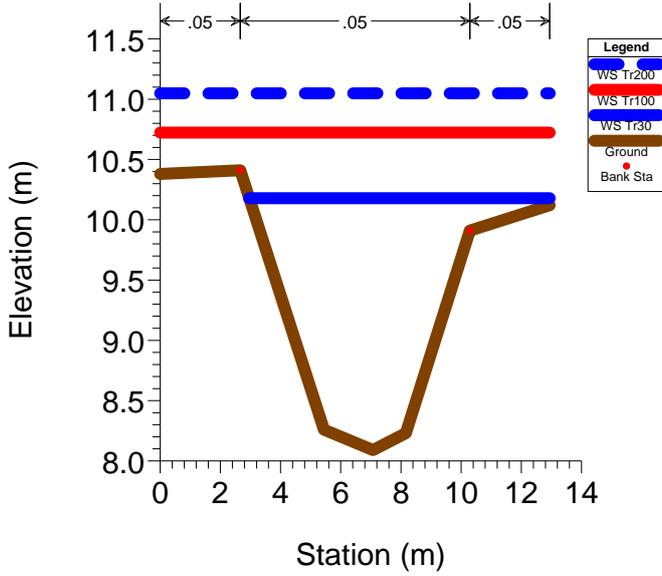
### RS = 13



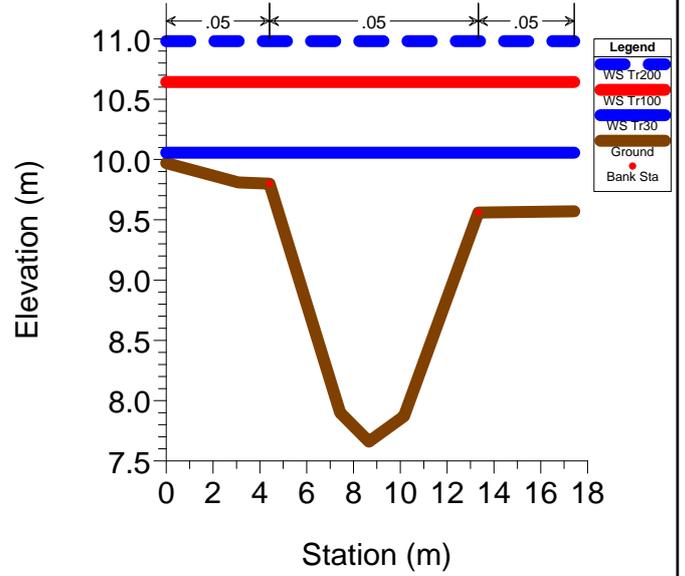
### RS = 12



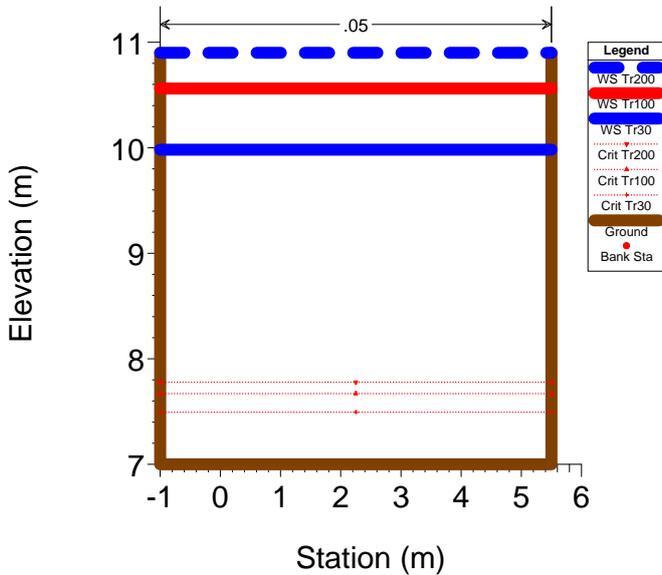
### RS = 11



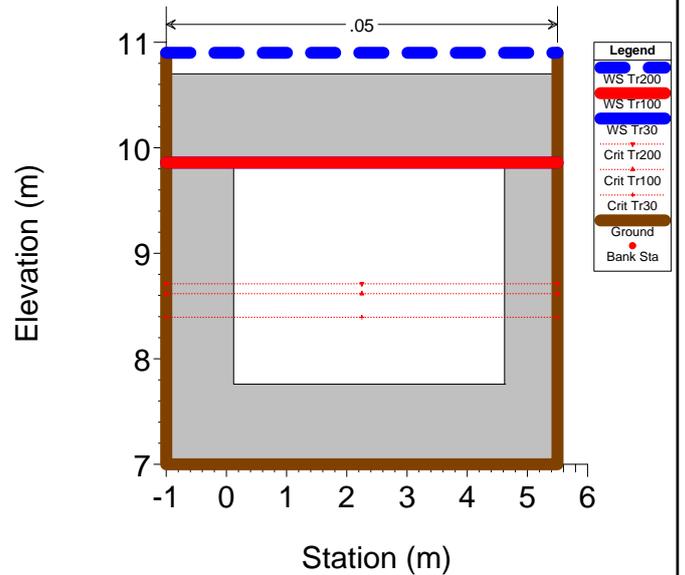
### RS = 10



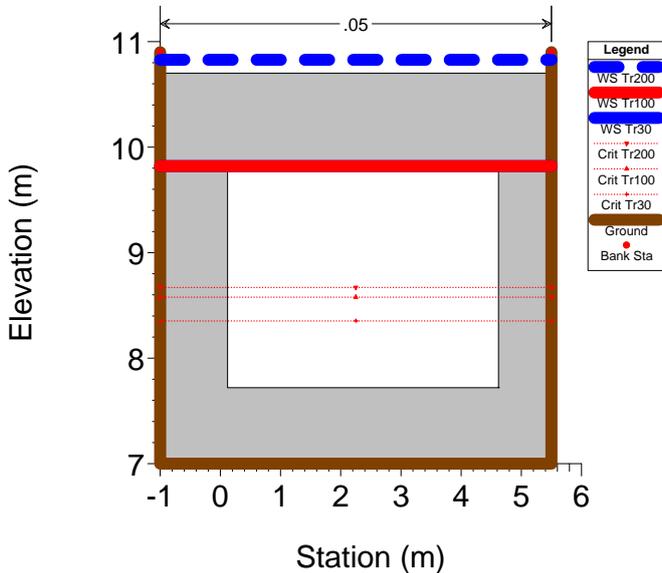
### RS = 9 Autostrada A11 Firenze-Mare



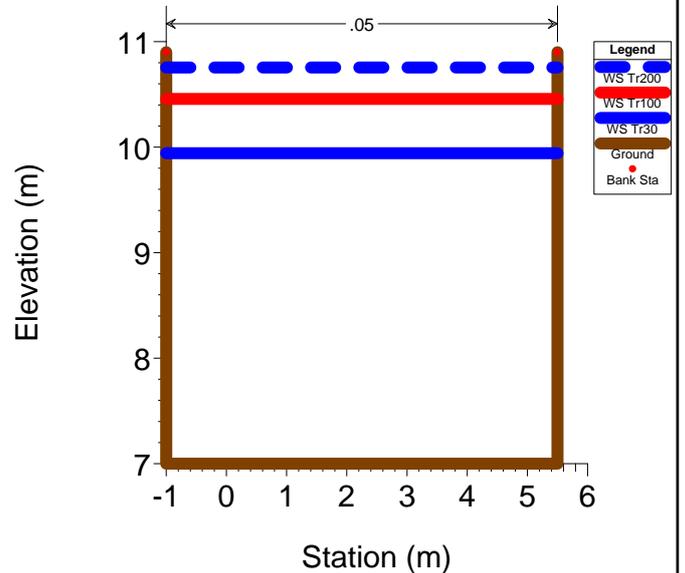
### RS = 8.5 Culv Autostrada



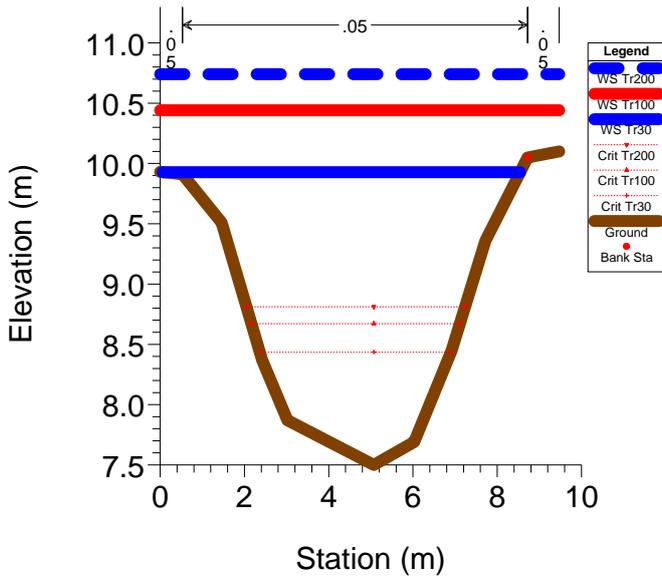
### RS = 8.5 Culv Autostrada



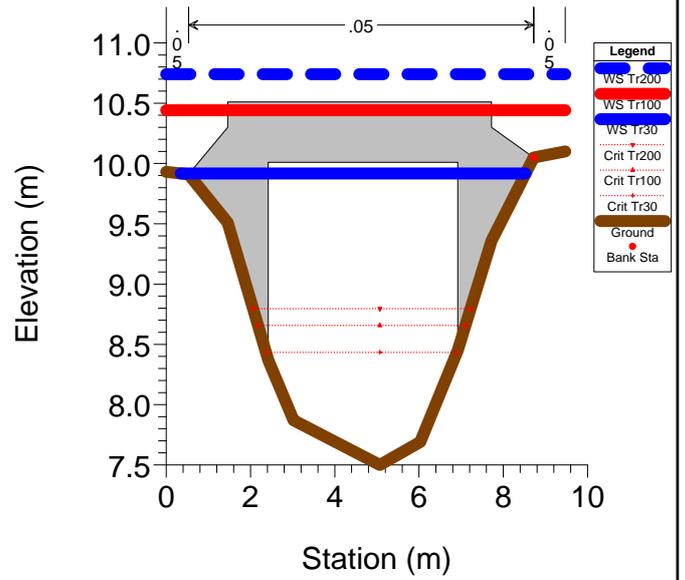
### RS = 8 Autostrada A11 Firenze-Mare



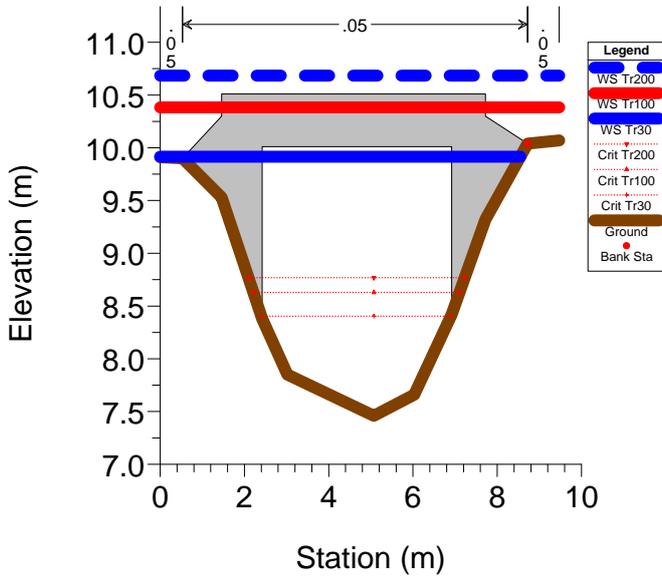
### RS = 7



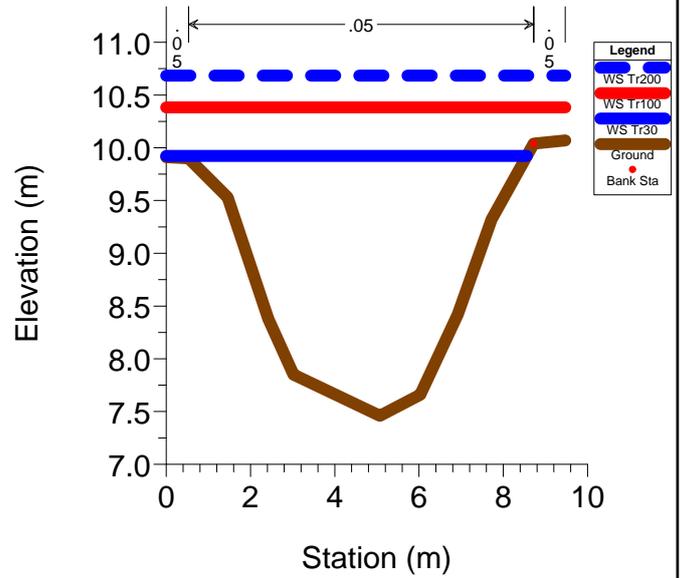
### RS = 6.5 BR



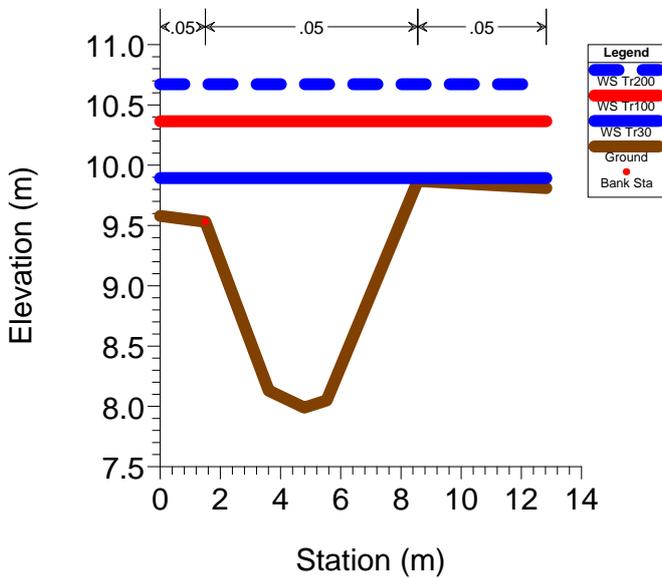
### RS = 6.5 BR



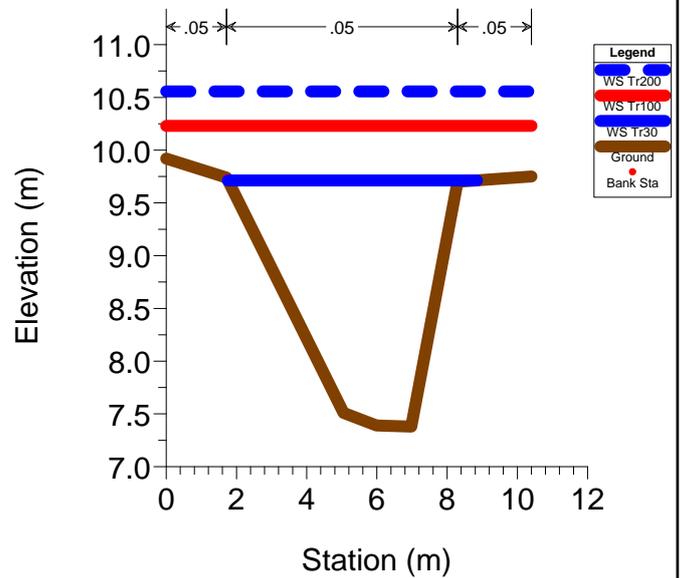
### RS = 6



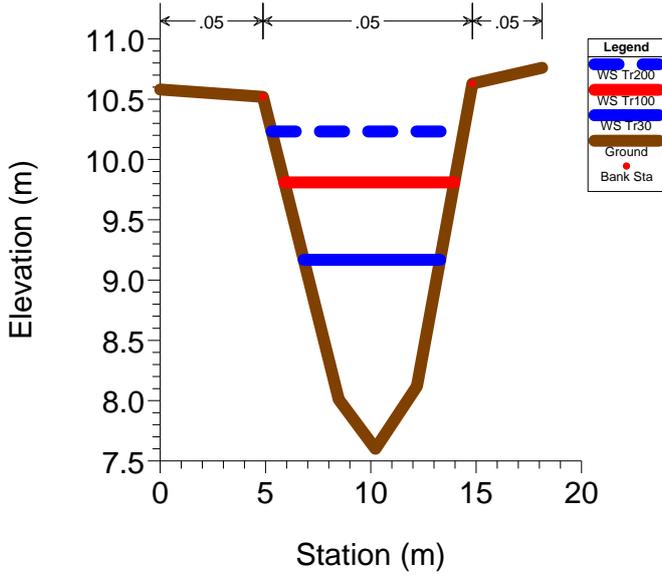
### RS = 5



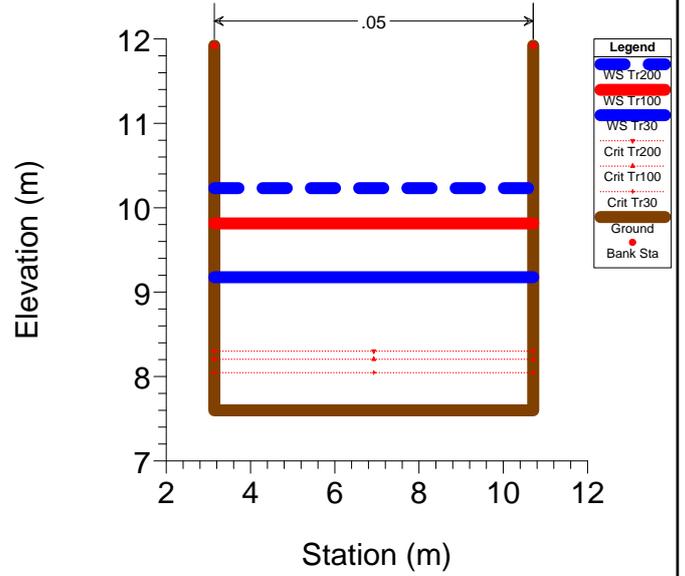
### RS = 4



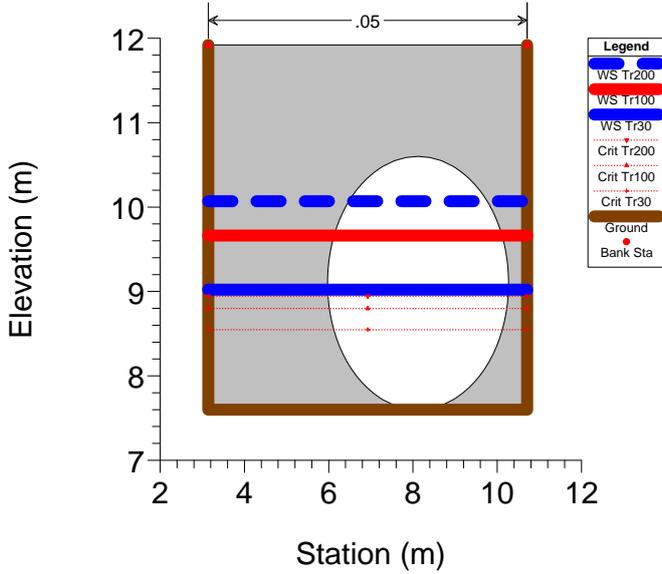
### RS = 3



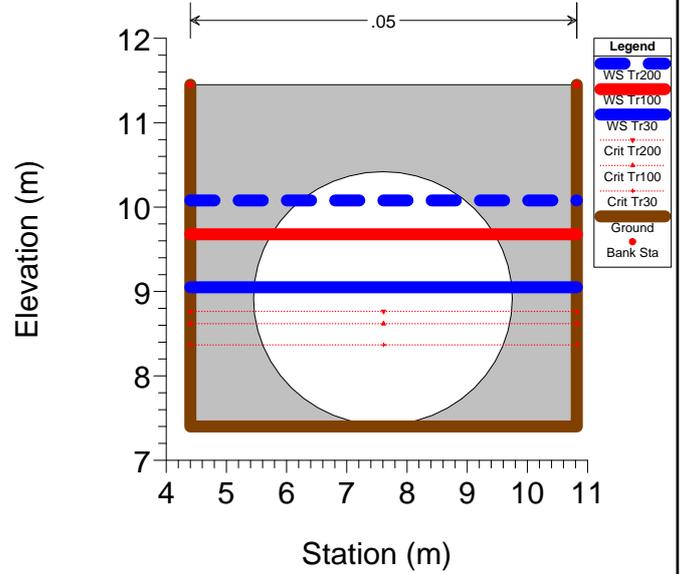
### RS = 2 Via lungo Rogio



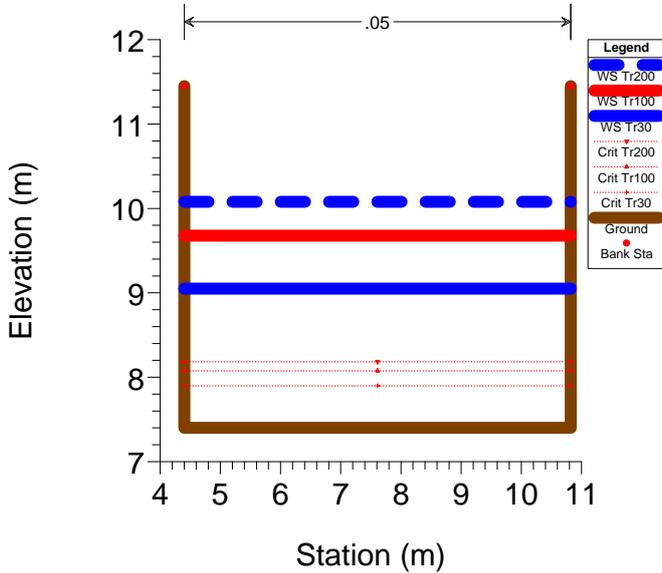
### RS = 1.5 Culv



### RS = 1.5 Culv



### RS = 1 Via lungo Rogio



HEC-RAS Plan: stato di fatto River: Arpino Reach: Arpino

| Reach  | River Sta | Q Total<br>(m3/s) | Min Ch El<br>(m) | W.S. Elev<br>(m) | Crit W.S.<br>(m) | E.G. Elev<br>(m) | E.G. Slope<br>(m/m) | Vel Chnl<br>(m/s) | Flow Area<br>(m2) | Top Width<br>(m) | Froude # Chl |
|--------|-----------|-------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|---------------------|-------------------|-------------------|------------------|--------------|
| Arpino | 31        | 3.40              | 10.83            | 12.51            | 11.75            | 12.53            | 0.001703            | 0.75              | 5.32              | 10.62            | 0.23         |
| Arpino | 31        | 5.40              | 10.83            | 12.71            | 11.97            | 12.75            | 0.001820            | 0.87              | 7.52              | 10.62            | 0.25         |
| Arpino | 31        | 6.80              | 10.83            | 12.95            | 12.09            | 12.98            | 0.001296            | 0.82              | 10.03             | 10.62            | 0.21         |
| Arpino | 30.5      | 3.40              | 10.72            | 12.47            |                  | 12.49            | 0.001207            | 0.66              | 6.15              | 10.62            | 0.20         |
| Arpino | 30.5      | 5.40              | 10.72            | 12.68            |                  | 12.70            | 0.001386            | 0.79              | 8.31              | 10.62            | 0.22         |
| Arpino | 30.5      | 6.80              | 10.72            | 12.92            |                  | 12.95            | 0.001012            | 0.75              | 10.93             | 10.62            | 0.19         |
| Arpino | 30        | 3.40              | 10.62            | 12.45            | 11.55            | 12.47            | 0.000879            | 0.59              | 6.98              | 10.62            | 0.17         |
| Arpino | 30        | 5.40              | 10.62            | 12.65            | 11.76            | 12.67            | 0.001082            | 0.72              | 9.09              | 10.62            | 0.19         |
| Arpino | 30        | 6.80              | 10.62            | 12.90            | 11.89            | 12.92            | 0.000815            | 0.70              | 11.78             | 10.62            | 0.17         |
| Arpino | 29.5      | Culvert           |                  |                  |                  |                  |                     |                   |                   |                  |              |
| Arpino | 29        | 3.40              | 10.60            | 12.09            |                  | 12.15            | 0.004934            | 1.07              | 3.17              | 3.59             | 0.36         |
| Arpino | 29        | 5.40              | 10.60            | 12.55            |                  | 12.59            | 0.002252            | 0.92              | 6.99              | 10.62            | 0.26         |
| Arpino | 29        | 6.80              | 10.60            | 12.88            |                  | 12.91            | 0.001200            | 0.78              | 10.46             | 10.62            | 0.20         |
| Arpino | 28        | 3.40              | 10.46            | 12.03            |                  | 12.06            | 0.001716            | 0.75              | 5.21              | 7.44             | 0.23         |
| Arpino | 28        | 5.40              | 10.46            | 12.52            |                  | 12.54            | 0.000959            | 0.71              | 8.88              | 7.44             | 0.18         |
| Arpino | 28        | 6.80              | 10.46            | 12.86            |                  | 12.88            | 0.000740            | 0.71              | 11.35             | 7.44             | 0.16         |
| Arpino | 27.6      | 3.40              | 10.30            | 11.98            |                  | 12.00            | 0.001146            | 0.65              | 6.04              | 7.44             | 0.19         |
| Arpino | 27.6      | 5.40              | 10.30            | 12.50            |                  | 12.51            | 0.000705            | 0.64              | 9.86              | 7.44             | 0.16         |
| Arpino | 27.6      | 6.80              | 10.30            | 12.83            |                  | 12.85            | 0.000574            | 0.65              | 12.37             | 7.44             | 0.14         |
| Arpino | 27.5      | 3.40              | 10.15            | 11.95            |                  | 11.96            | 0.000783            | 0.57              | 6.92              | 7.44             | 0.16         |
| Arpino | 27.5      | 5.40              | 10.15            | 12.47            |                  | 12.49            | 0.000537            | 0.59              | 10.82             | 7.44             | 0.14         |
| Arpino | 27.5      | 6.80              | 10.15            | 12.82            |                  | 12.83            | 0.000459            | 0.61              | 13.36             | 7.44             | 0.13         |
| Arpino | 27.4      | 3.40              | 9.99             | 11.93            |                  | 11.94            | 0.000525            | 0.50              | 7.95              | 7.44             | 0.13         |
| Arpino | 27.4      | 5.40              | 9.99             | 12.46            |                  | 12.47            | 0.000407            | 0.54              | 11.89             | 7.44             | 0.12         |
| Arpino | 27.4      | 6.80              | 9.99             | 12.80            |                  | 12.81            | 0.000365            | 0.57              | 14.44             | 7.44             | 0.12         |
| Arpino | 27        | 3.40              | 9.85             | 11.86            |                  | 11.90            | 0.002541            | 0.82              | 4.17              | 2.50             | 0.20         |
| Arpino | 27        | 5.40              | 9.85             | 12.39            |                  | 12.43            | 0.002686            | 0.95              | 5.88              | 3.38             | 0.21         |
| Arpino | 27        | 6.80              | 9.85             | 12.73            |                  | 12.78            | 0.002640            | 1.00              | 7.05              | 3.46             | 0.21         |
| Arpino | 26        | 3.40              | 9.83             | 11.88            | 10.74            | 11.89            | 0.000797            | 0.47              | 7.81              | 8.08             | 0.12         |
| Arpino | 26        | 5.40              | 9.83             | 12.41            | 10.96            | 12.42            | 0.000534            | 0.44              | 12.12             | 8.08             | 0.09         |
| Arpino | 26        | 6.80              | 9.83             | 12.76            | 11.09            | 12.77            | 0.000453            | 0.43              | 14.91             | 8.08             | 0.09         |
| Arpino | 25.5      | Bridge            |                  |                  |                  |                  |                     |                   |                   |                  |              |
| Arpino | 25        | 3.40              | 9.87             | 11.83            |                  | 11.85            | 0.001524            | 0.67              | 5.05              | 2.86             | 0.16         |
| Arpino | 25        | 5.40              | 9.87             | 12.33            |                  | 12.36            | 0.002037            | 0.83              | 6.48              | 2.86             | 0.18         |
| Arpino | 25        | 6.80              | 9.87             | 12.63            |                  | 12.67            | 0.002159            | 0.92              | 7.54              | 4.63             | 0.18         |
| Arpino | 24.5      | 3.40              | 9.74             | 11.69            |                  | 11.71            | 0.001544            | 0.68              | 5.02              | 2.86             | 0.16         |
| Arpino | 24.5      | 5.40              | 9.74             | 12.14            |                  | 12.17            | 0.002186            | 0.86              | 6.30              | 2.86             | 0.18         |
| Arpino | 24.5      | 6.80              | 9.74             | 12.42            |                  | 12.47            | 0.002420            | 0.95              | 7.19              | 4.01             | 0.19         |
| Arpino | 24        | 3.40              | 9.62             | 11.64            |                  | 11.64            | 0.000397            | 0.42              | 8.81              | 12.49            | 0.12         |
| Arpino | 24        | 5.40              | 9.62             | 12.08            |                  | 12.09            | 0.000283            | 0.43              | 14.42             | 12.49            | 0.10         |
| Arpino | 24        | 6.80              | 9.62             | 12.38            |                  | 12.39            | 0.000234            | 0.43              | 18.11             | 12.49            | 0.10         |
| Arpino | 23        | 3.40              | 9.32             | 11.60            | 9.83             | 11.60            | 0.000155            | 0.30              | 12.38             | 8.77             | 0.07         |
| Arpino | 23        | 5.40              | 9.32             | 12.05            | 9.97             | 12.06            | 0.000186            | 0.36              | 16.34             | 8.77             | 0.07         |
| Arpino | 23        | 6.80              | 9.32             | 12.35            | 10.05            | 12.35            | 0.000196            | 0.39              | 18.94             | 8.77             | 0.07         |
| Arpino | 22.5      | Bridge            |                  |                  |                  |                  |                     |                   |                   |                  |              |
| Arpino | 22        | 3.40              | 9.32             | 11.59            |                  | 11.59            | 0.000288            | 0.41              | 9.90              | 8.77             | 0.09         |
| Arpino | 22        | 5.40              | 9.32             | 12.04            |                  | 12.05            | 0.000288            | 0.46              | 13.85             | 8.77             | 0.09         |
| Arpino | 22        | 6.80              | 9.32             | 12.34            |                  | 12.35            | 0.000278            | 0.49              | 16.47             | 8.77             | 0.09         |
| Arpino | 21        | 7.10              | 9.07             | 11.56            |                  | 11.58            | 0.000566            | 0.59              | 13.34             | 12.57            | 0.15         |
| Arpino | 21        | 11.20             | 9.07             | 12.01            |                  | 12.03            | 0.000533            | 0.67              | 18.98             | 12.57            | 0.15         |
| Arpino | 21        | 14.00             | 9.07             | 12.31            |                  | 12.33            | 0.000494            | 0.71              | 22.73             | 12.57            | 0.15         |
| Arpino | 20        | 7.10              | 8.93             | 11.44            |                  | 11.46            | 0.000616            | 0.60              | 12.70             | 10.82            | 0.15         |
| Arpino | 20        | 11.20             | 8.93             | 11.90            |                  | 11.92            | 0.000571            | 0.68              | 18.87             | 13.87            | 0.15         |
| Arpino | 20        | 14.00             | 8.93             | 12.21            |                  | 12.23            | 0.000505            | 0.70              | 23.17             | 13.87            | 0.14         |

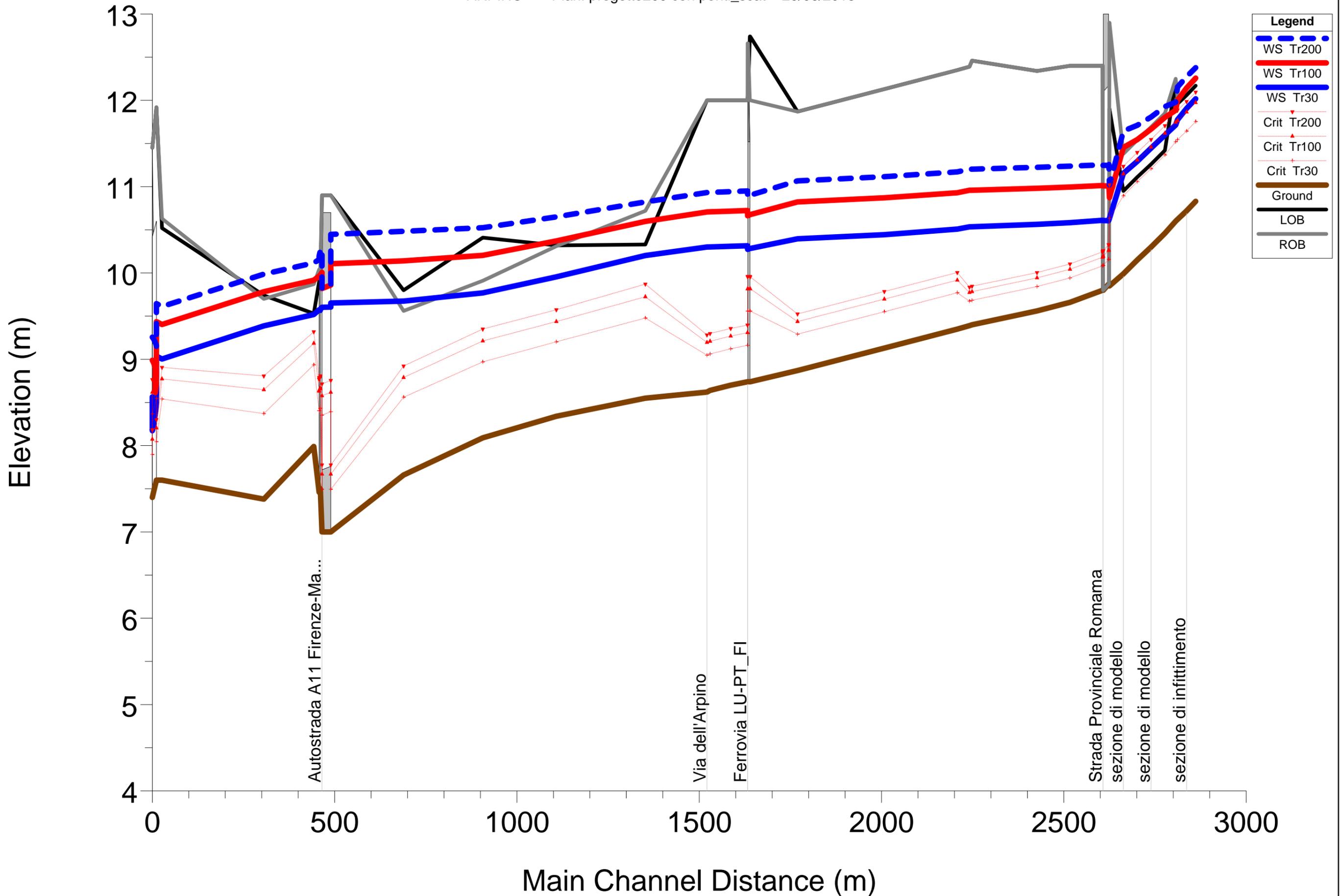
HEC-RAS Plan: stato di fatto River: Arpino Reach: Arpino (Continued)

| Reach  | River Sta | Q Total<br>(m3/s) | Min Ch El<br>(m) | W.S. Elev<br>(m) | Crit W.S.<br>(m) | E.G. Elev<br>(m) | E.G. Slope<br>(m/m) | Vel Chnl<br>(m/s) | Flow Area<br>(m2) | Top Width<br>(m) | Froude # Chl |
|--------|-----------|-------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|---------------------|-------------------|-------------------|------------------|--------------|
| Arpino | 19        | 7.10              | 8.79             | 11.18            |                  | 11.22            | 0.001791            | 0.91              | 8.30              | 7.13             | 0.23         |
| Arpino | 19        | 11.20             | 8.79             | 11.65            |                  | 11.70            | 0.001790            | 1.03              | 11.64             | 7.13             | 0.23         |
| Arpino | 19        | 14.00             | 8.79             | 11.97            |                  | 12.03            | 0.001688            | 1.07              | 13.97             | 7.13             | 0.22         |
| Arpino | 18        | 7.10              | 9.27             | 10.89            | 10.07            | 10.95            | 0.002563            | 1.05              | 6.93              | 5.97             | 0.28         |
| Arpino | 18        | 11.20             | 9.27             | 11.37            | 10.29            | 11.44            | 0.002293            | 1.20              | 9.89              | 6.44             | 0.28         |
| Arpino | 18        | 14.00             | 9.27             | 11.73            | 10.42            | 11.81            | 0.001923            | 1.23              | 12.28             | 6.80             | 0.26         |
| Arpino | 17.5      | Bridge            |                  |                  |                  |                  |                     |                   |                   |                  |              |
| Arpino | 17        | 7.10              | 9.27             | 10.87            |                  | 10.92            | 0.002742            | 1.07              | 6.86              | 9.09             | 0.29         |
| Arpino | 17        | 11.20             | 9.27             | 11.33            |                  | 11.39            | 0.002068            | 1.12              | 11.32             | 10.11            | 0.26         |
| Arpino | 17        | 14.00             | 9.27             | 11.58            |                  | 11.64            | 0.001862            | 1.16              | 13.91             | 10.65            | 0.25         |
| Arpino | 16.9      | 7.10              | 8.74             | 10.88            |                  | 10.92            | 0.001195            | 0.80              | 9.20              | 9.13             | 0.18         |
| Arpino | 16.9      | 11.20             | 8.74             | 11.34            |                  | 11.38            | 0.001194            | 0.92              | 13.63             | 10.13            | 0.19         |
| Arpino | 16.9      | 14.00             | 8.74             | 11.59            |                  | 11.64            | 0.001192            | 0.98              | 16.21             | 10.67            | 0.19         |
| Arpino | 16        | 7.10              | 8.58             | 10.85            |                  | 10.87            | 0.000712            | 0.63              | 12.68             | 14.82            | 0.16         |
| Arpino | 16        | 11.20             | 8.58             | 11.32            |                  | 11.34            | 0.000558            | 0.67              | 19.65             | 14.82            | 0.15         |
| Arpino | 16        | 14.00             | 8.58             | 11.57            |                  | 11.59            | 0.000532            | 0.70              | 23.37             | 14.82            | 0.15         |
| Arpino | 15        | 7.10              | 8.43             | 10.83            | 9.07             | 10.84            | 0.000308            | 0.44              | 15.97             | 8.11             | 0.10         |
| Arpino | 15        | 11.20             | 8.43             | 11.30            | 9.26             | 11.31            | 0.000408            | 0.56              | 20.24             | 10.89            | 0.12         |
| Arpino | 15        | 14.00             | 8.43             | 11.54            | 9.38             | 11.56            | 0.000462            | 0.63              | 22.94             | 10.89            | 0.12         |
| Arpino | 14.5      | Bridge            |                  |                  |                  |                  |                     |                   |                   |                  |              |
| Arpino | 14        | 7.10              | 8.61             | 10.78            |                  | 10.80            | 0.000794            | 0.61              | 11.65             | 8.31             | 0.16         |
| Arpino | 14        | 11.20             | 8.61             | 11.20            |                  | 11.22            | 0.000848            | 0.72              | 16.31             | 14.87            | 0.17         |
| Arpino | 14        | 14.00             | 8.61             | 11.45            |                  | 11.48            | 0.000784            | 0.76              | 20.08             | 14.87            | 0.17         |
| Arpino | 13        | 7.10              | 8.55             | 10.62            |                  | 10.65            | 0.001050            | 0.71              | 10.47             | 10.33            | 0.20         |
| Arpino | 13        | 11.20             | 8.55             | 11.05            |                  | 11.08            | 0.000907            | 0.79              | 15.90             | 13.35            | 0.19         |
| Arpino | 13        | 14.00             | 8.55             | 11.32            |                  | 11.35            | 0.000801            | 0.81              | 19.49             | 13.35            | 0.18         |
| Arpino | 12        | 7.10              | 8.34             | 10.37            |                  | 10.40            | 0.000985            | 0.69              | 10.41             | 11.67            | 0.19         |
| Arpino | 12        | 11.20             | 8.34             | 10.86            |                  | 10.88            | 0.000660            | 0.69              | 18.94             | 18.18            | 0.16         |
| Arpino | 12        | 14.00             | 8.34             | 11.16            |                  | 11.18            | 0.000517            | 0.68              | 24.44             | 18.18            | 0.15         |
| Arpino | 11        | 7.10              | 8.09             | 10.18            |                  | 10.20            | 0.000938            | 0.69              | 10.65             | 9.98             | 0.19         |
| Arpino | 11        | 11.20             | 8.09             | 10.72            |                  | 10.75            | 0.000693            | 0.72              | 17.08             | 12.94            | 0.17         |
| Arpino | 11        | 14.00             | 8.09             | 11.05            |                  | 11.07            | 0.000583            | 0.73              | 21.29             | 12.94            | 0.16         |
| Arpino | 10        | 7.10              | 7.66             | 10.06            |                  | 10.07            | 0.000337            | 0.46              | 17.00             | 17.43            | 0.12         |
| Arpino | 10        | 11.20             | 7.66             | 10.64            |                  | 10.65            | 0.000231            | 0.47              | 27.21             | 17.43            | 0.10         |
| Arpino | 10        | 14.00             | 7.66             | 10.98            |                  | 10.99            | 0.000203            | 0.49              | 33.12             | 17.43            | 0.10         |
| Arpino | 9         | 7.10              | 7.00             | 9.98             | 7.49             | 9.99             | 0.000186            | 0.37              | 19.38             | 6.50             | 0.07         |
| Arpino | 9         | 11.20             | 7.00             | 10.56            | 7.67             | 10.57            | 0.000289            | 0.48              | 23.15             | 6.50             | 0.08         |
| Arpino | 9         | 14.00             | 7.00             | 10.90            | 7.78             | 10.92            | 0.000355            | 0.55              | 25.35             | 6.50             | 0.09         |
| Arpino | 8.5       | Culvert           |                  |                  |                  |                  |                     |                   |                   |                  |              |
| Arpino | 8         | 7.10              | 7.00             | 9.94             |                  | 9.95             | 0.000193            | 0.37              | 19.12             | 6.50             | 0.07         |
| Arpino | 8         | 11.20             | 7.00             | 10.46            |                  | 10.47            | 0.000312            | 0.50              | 22.47             | 6.50             | 0.09         |
| Arpino | 8         | 14.00             | 7.00             | 10.76            |                  | 10.77            | 0.000392            | 0.57              | 24.41             | 6.50             | 0.09         |
| Arpino | 7         | 7.10              | 7.50             | 9.93             | 8.43             | 9.95             | 0.000704            | 0.60              | 11.78             | 8.48             | 0.16         |
| Arpino | 7         | 11.20             | 7.50             | 10.44            | 8.67             | 10.47            | 0.000640            | 0.69              | 16.52             | 9.47             | 0.16         |
| Arpino | 7         | 14.00             | 7.50             | 10.74            | 8.81             | 10.77            | 0.000614            | 0.75              | 19.36             | 9.47             | 0.16         |
| Arpino | 6.5       | Bridge            |                  |                  |                  |                  |                     |                   |                   |                  |              |
| Arpino | 6         | 7.10              | 7.46             | 9.92             |                  | 9.94             | 0.000686            | 0.60              | 11.90             | 8.56             | 0.16         |
| Arpino | 6         | 11.20             | 7.46             | 10.38            |                  | 10.41            | 0.000688            | 0.71              | 16.16             | 9.47             | 0.16         |
| Arpino | 6         | 14.00             | 7.46             | 10.68            |                  | 10.71            | 0.000652            | 0.76              | 19.01             | 9.47             | 0.16         |
| Arpino | 5         | 7.10              | 7.99             | 9.89             |                  | 9.92             | 0.001455            | 0.80              | 9.35              | 12.83            | 0.23         |
| Arpino | 5         | 11.20             | 7.99             | 10.36            |                  | 10.40            | 0.000994            | 0.82              | 15.40             | 12.83            | 0.20         |
| Arpino | 5         | 14.00             | 7.99             | 10.67            |                  | 10.70            | 0.000806            | 0.83              | 19.35             | 12.83            | 0.19         |
| Arpino | 4         | 7.10              | 7.38             | 9.71             |                  | 9.74             | 0.001173            | 0.74              | 9.61              | 7.09             | 0.19         |
| Arpino | 4         | 11.20             | 7.38             | 10.23            |                  | 10.26            | 0.000965            | 0.82              | 14.75             | 10.40            | 0.19         |

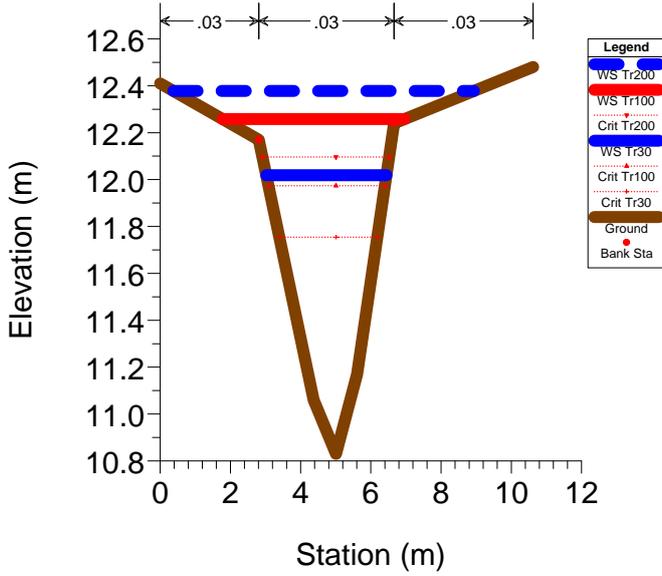
HEC-RAS Plan: stato di fatto River: Arpino Reach: Arpino (Continued)

| Reach  | River Sta | Q Total<br>(m3/s) | Min Ch El<br>(m) | W.S. Elev<br>(m) | Crit W.S.<br>(m) | E.G. Elev<br>(m) | E.G. Slope<br>(m/m) | Vel Chnl<br>(m/s) | Flow Area<br>(m2) | Top Width<br>(m) | Froude # Chl |
|--------|-----------|-------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|---------------------|-------------------|-------------------|------------------|--------------|
| Arpino | 4         | 14.00             | 7.38             | 10.56            |                  | 10.59            | 0.000841            | 0.85              | 18.15             | 10.40            | 0.18         |
| Arpino | 3         | 7.10              | 7.60             | 9.17             |                  | 9.23             | 0.003556            | 1.10              | 6.48              | 6.47             | 0.35         |
| Arpino | 3         | 11.20             | 7.60             | 9.81             |                  | 9.86             | 0.002014            | 1.00              | 11.15             | 8.06             | 0.27         |
| Arpino | 3         | 14.00             | 7.60             | 10.23            |                  | 10.28            | 0.001473            | 0.95              | 14.77             | 9.11             | 0.24         |
| Arpino | 2         | 7.10              | 7.60             | 9.18             | 8.05             | 9.19             | 0.000768            | 0.60              | 11.93             | 7.57             | 0.15         |
| Arpino | 2         | 11.20             | 7.60             | 9.81             | 8.20             | 9.84             | 0.000716            | 0.67              | 16.75             | 7.57             | 0.14         |
| Arpino | 2         | 14.00             | 7.60             | 10.23            | 8.30             | 10.26            | 0.000687            | 0.70              | 19.92             | 7.57             | 0.14         |
| Arpino | 1.5       | Culvert           |                  |                  |                  |                  |                     |                   |                   |                  |              |
| Arpino | 1         | 7.10              | 7.40             | 9.05             | 7.90             | 9.07             | 0.001001            | 0.67              | 10.59             | 6.42             | 0.17         |
| Arpino | 1         | 11.20             | 7.40             | 9.68             | 8.08             | 9.71             | 0.001000            | 0.77              | 14.62             | 6.42             | 0.16         |
| Arpino | 1         | 14.00             | 7.40             | 10.08            | 8.18             | 10.11            | 0.001001            | 0.81              | 17.19             | 6.42             | 0.16         |

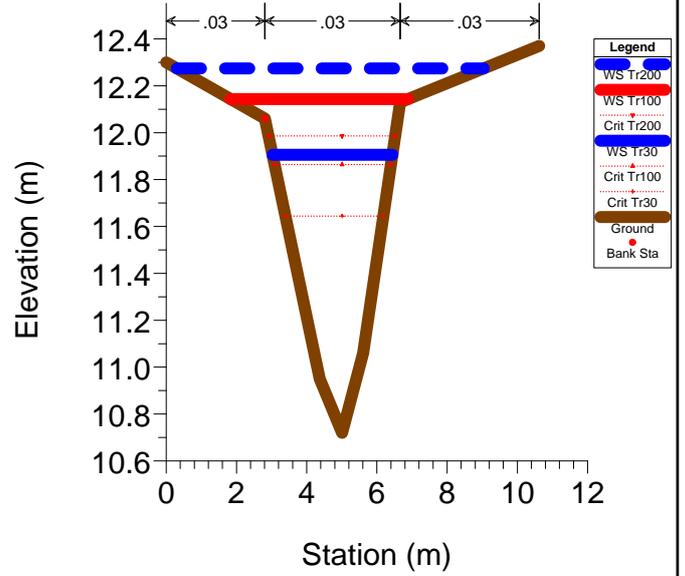
**RISULTATI DEI CALCOLO IDRAULICI  
MODELLO MONODIMENSIONALE  
RIO ARPINO  
CONFIGURAZIONE STATO DI ADEGUAMENTO DEL CORSO  
D'ACQUA**



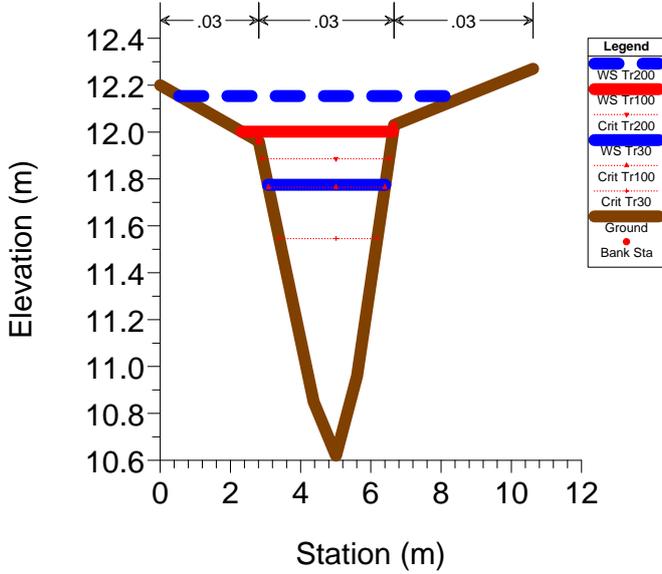
### RS = 31



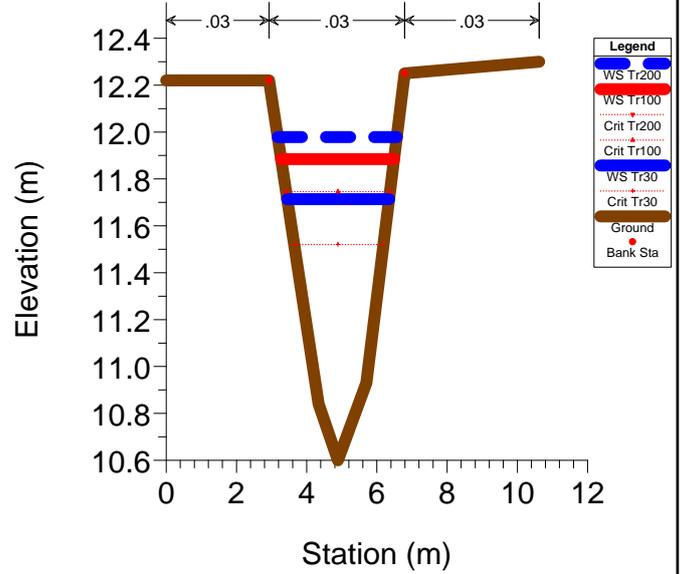
### RS = 30.5 sezione di infittimento



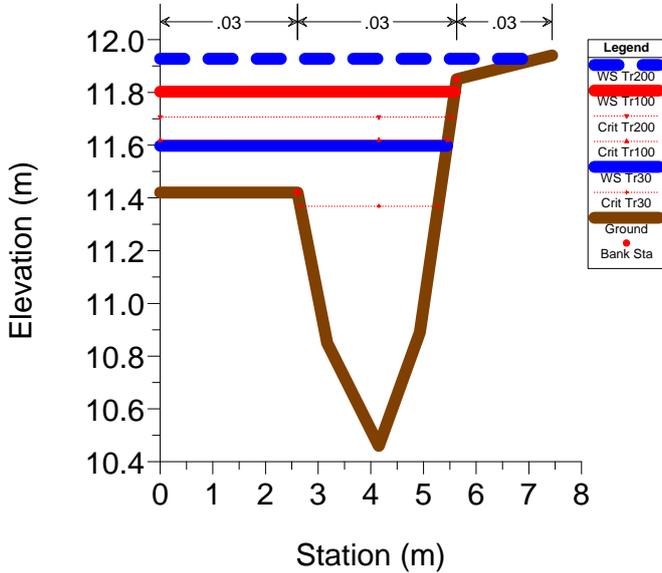
### RS = 30



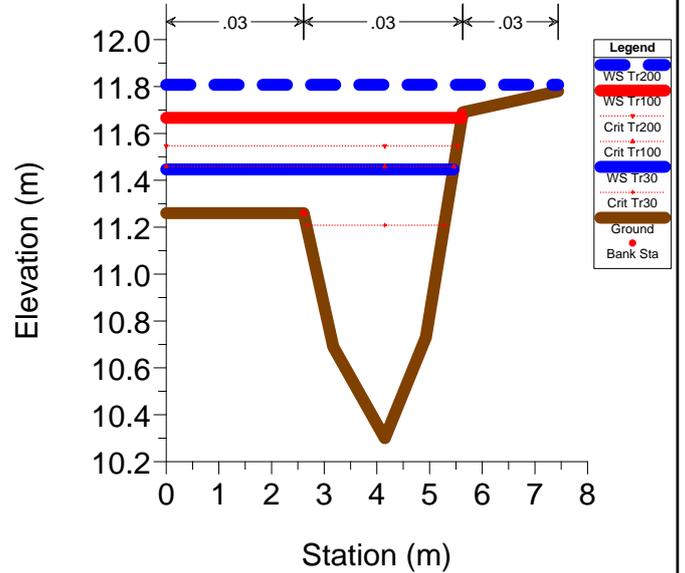
### RS = 29



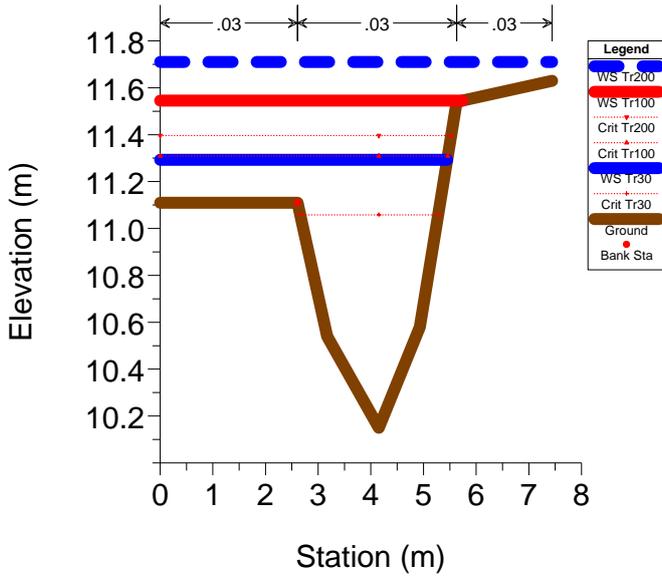
### RS = 28



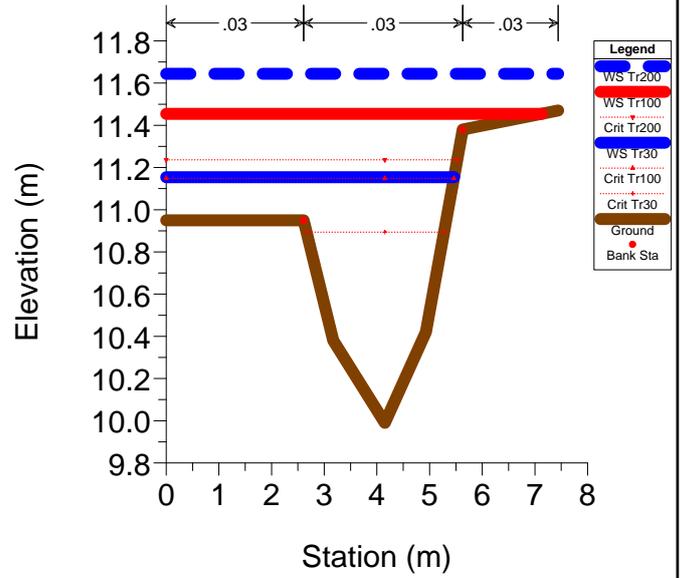
### RS = 27.6 sezione di modello



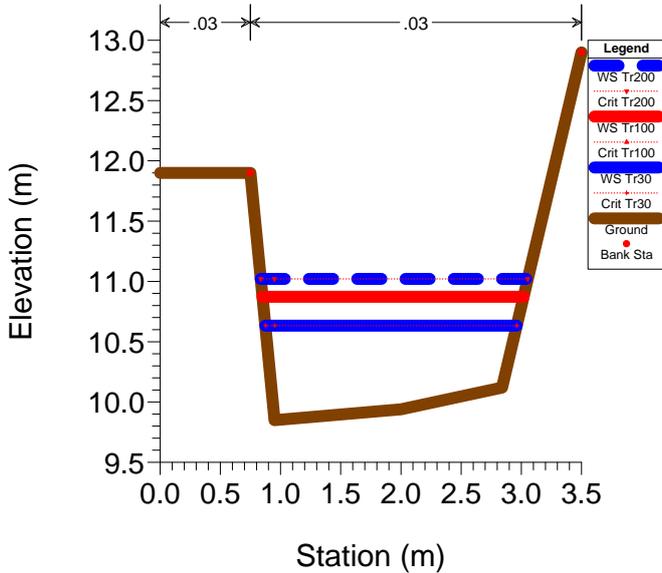
RS = 27.5 sezione di modello



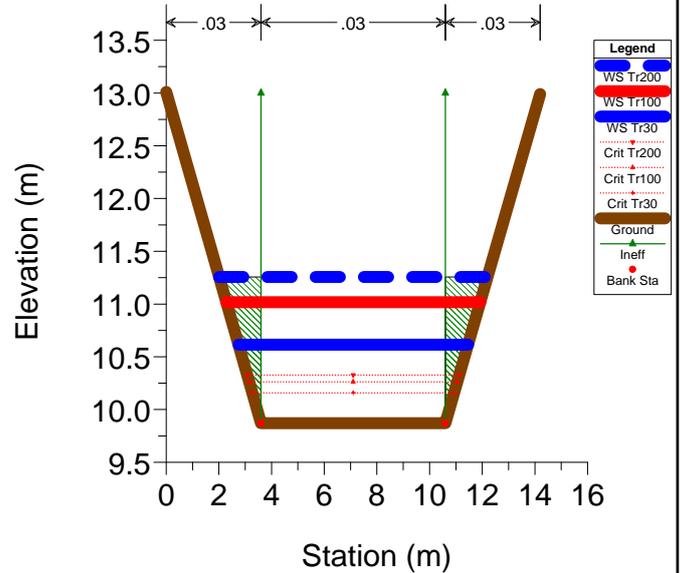
RS = 27.4 sezione di modello



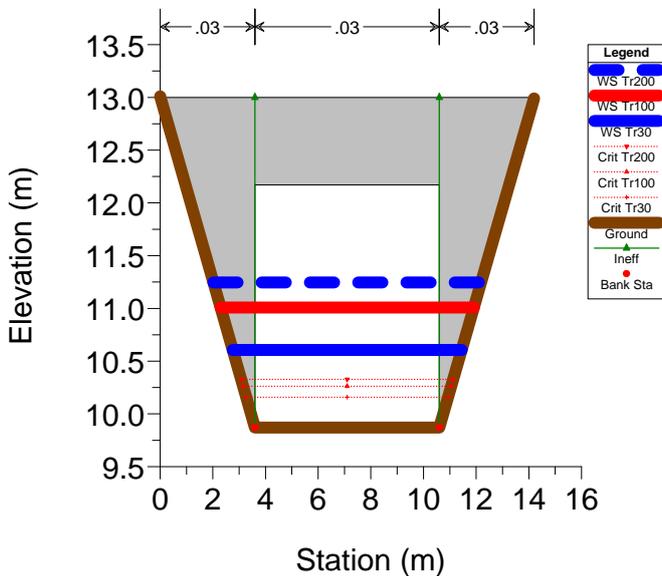
RS = 27



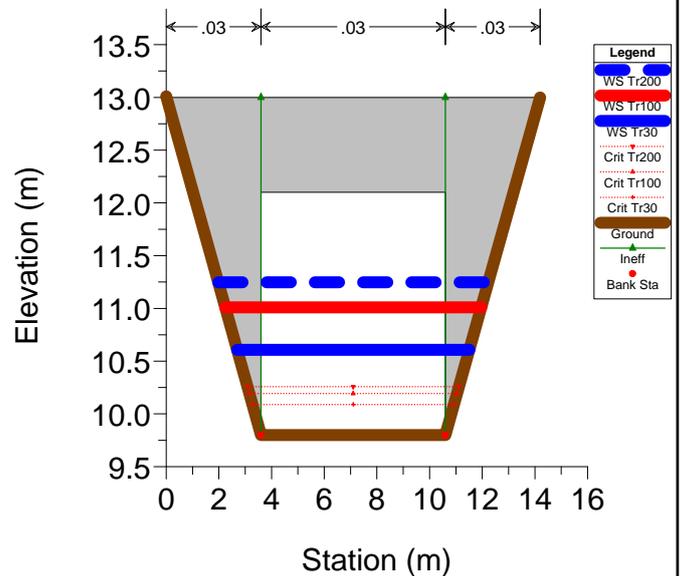
RS = 26 Strada Provinciale Romana



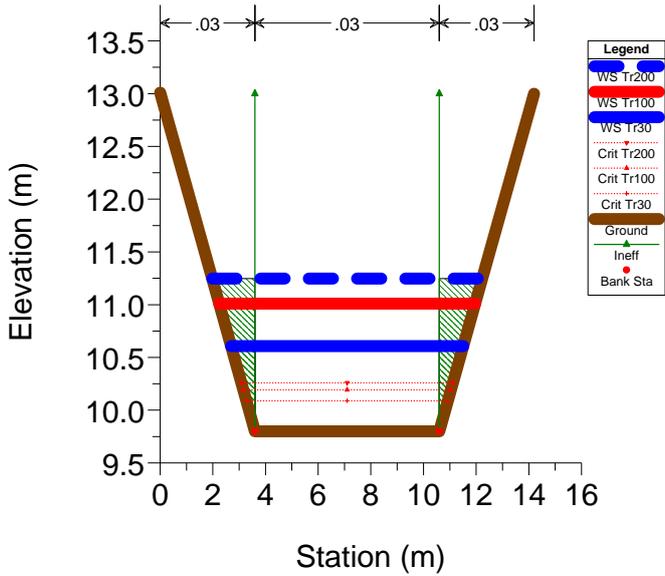
RS = 25.5 Culv via Romana



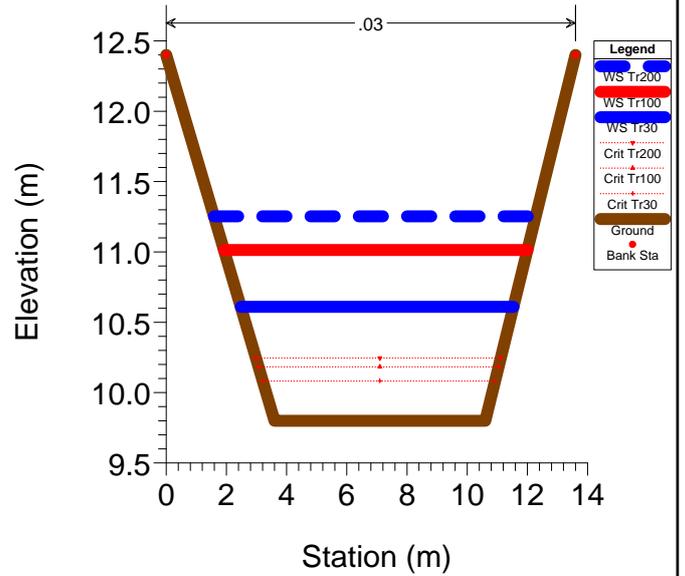
RS = 25.5 Culv via Romana



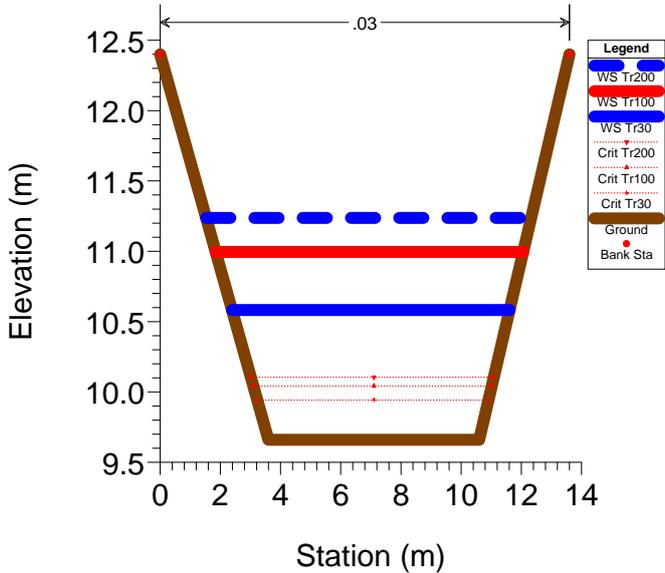
### RS = 25 Strada Provinciale Romama



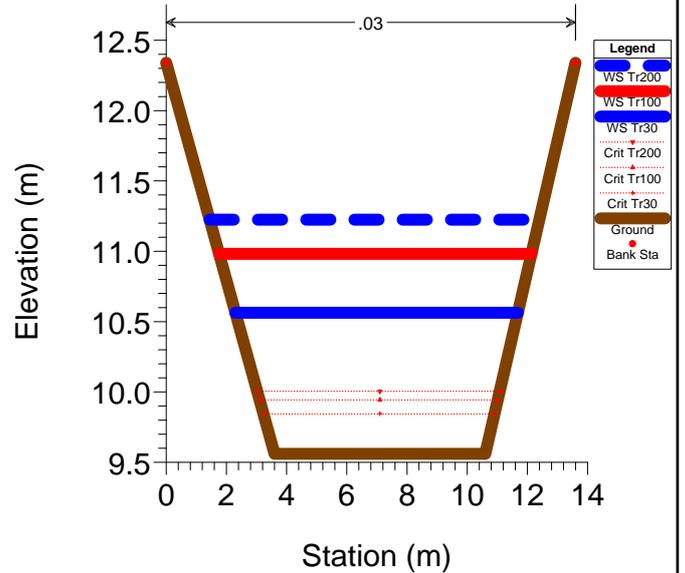
### RS = 24.9



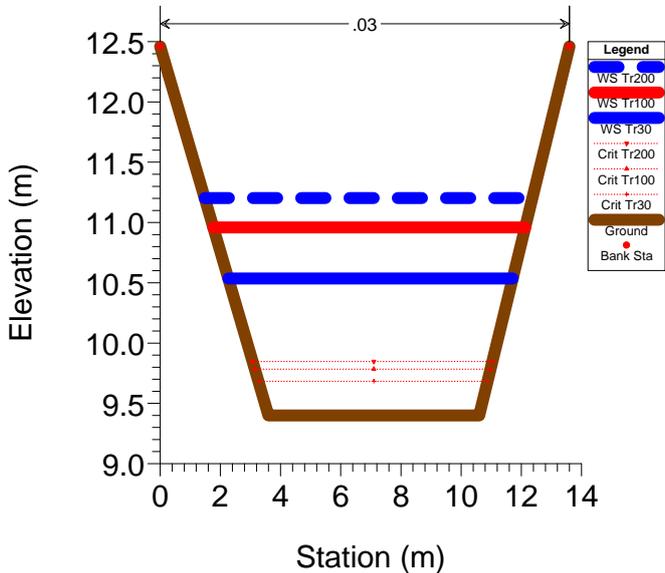
### RS = 24.5



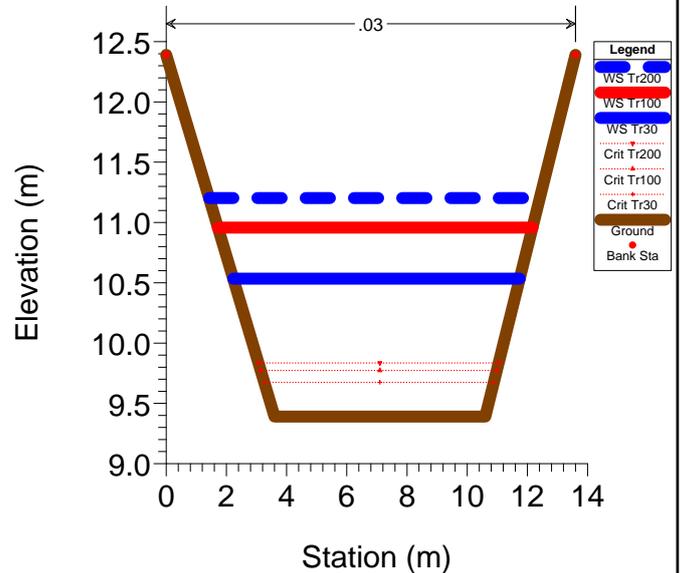
### RS = 24



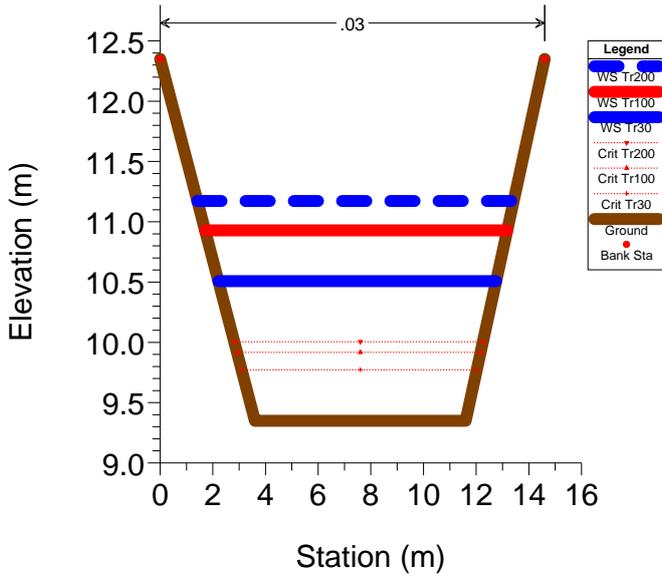
### RS = 23



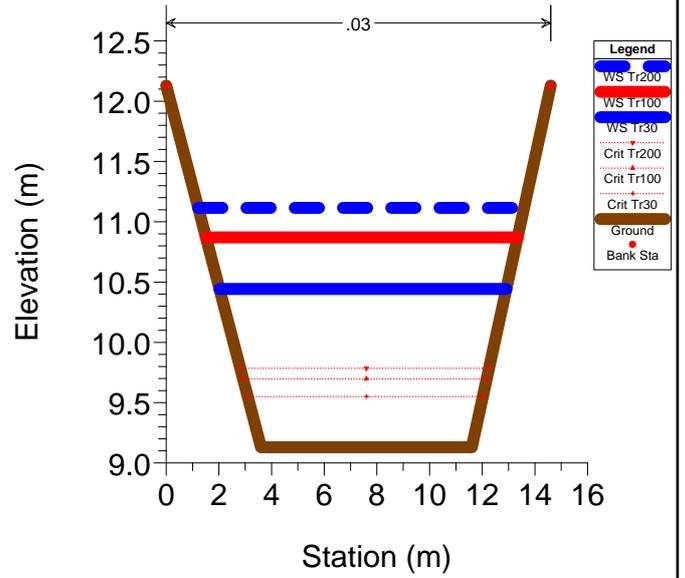
### RS = 22



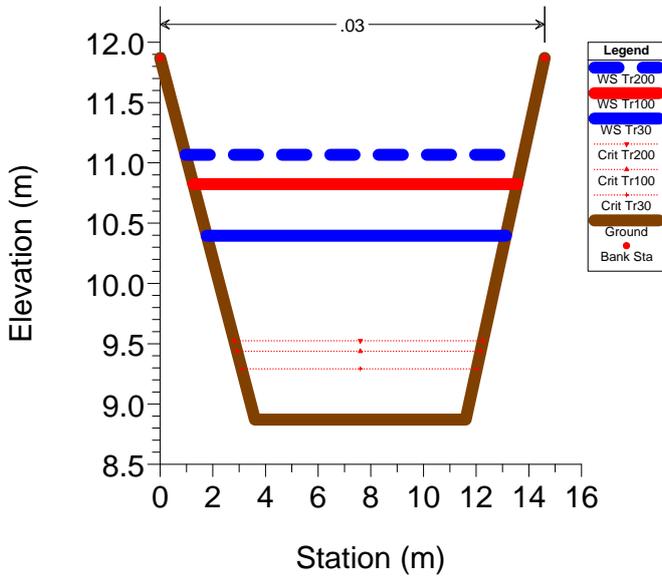
### RS = 21



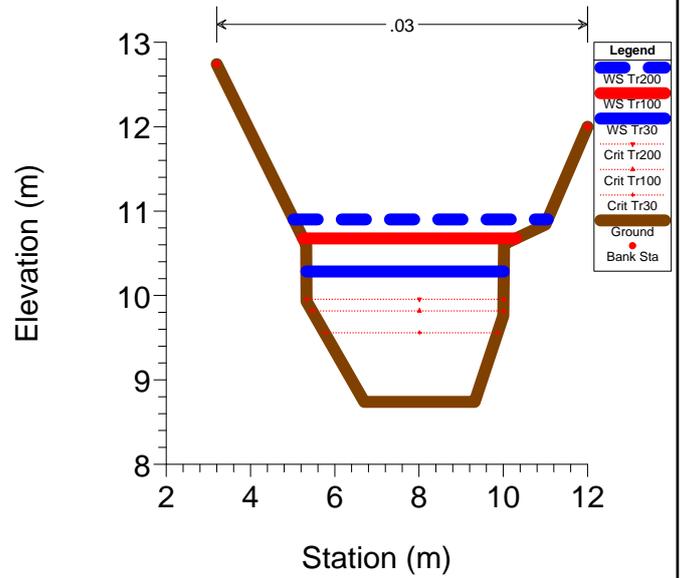
### RS = 20



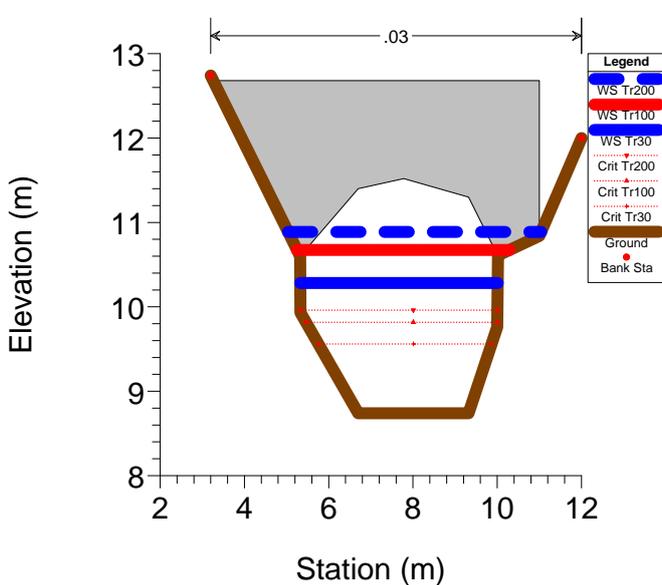
### RS = 19



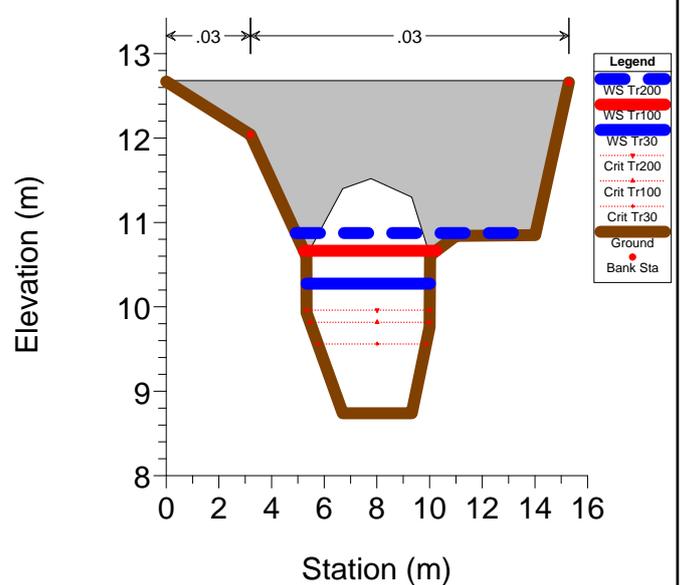
### RS = 18 Ferrovia LU-PT\_FI



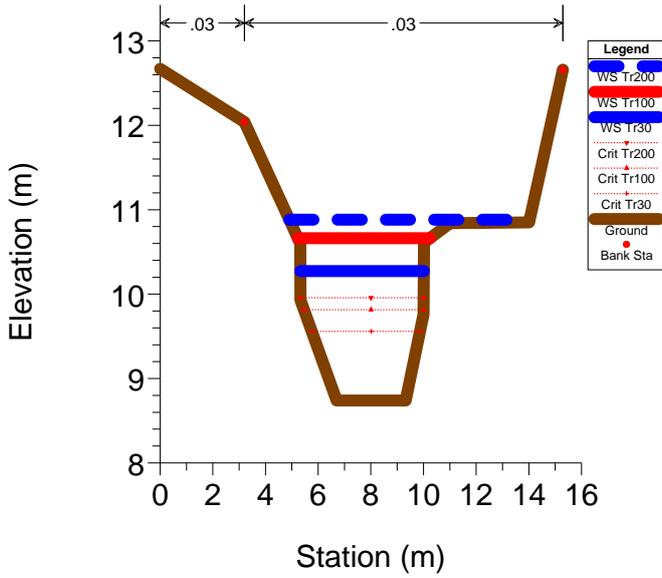
### RS = 17.5 BR ferrovia Lu-Pt



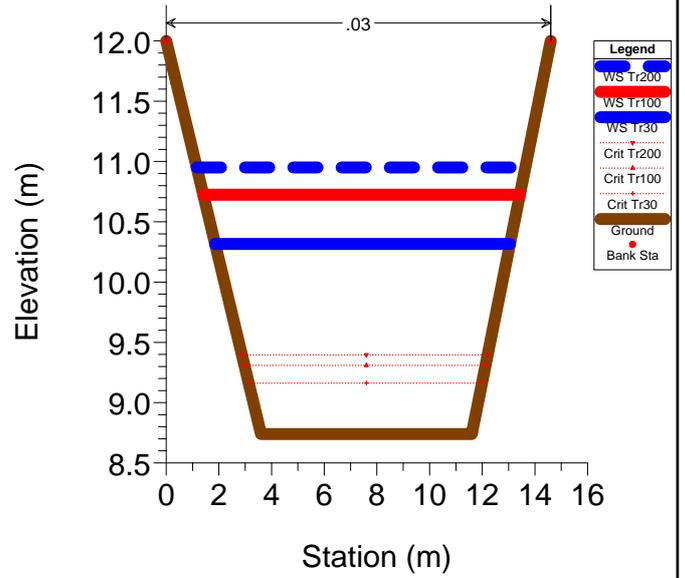
### RS = 17.5 BR ferrovia Lu-Pt



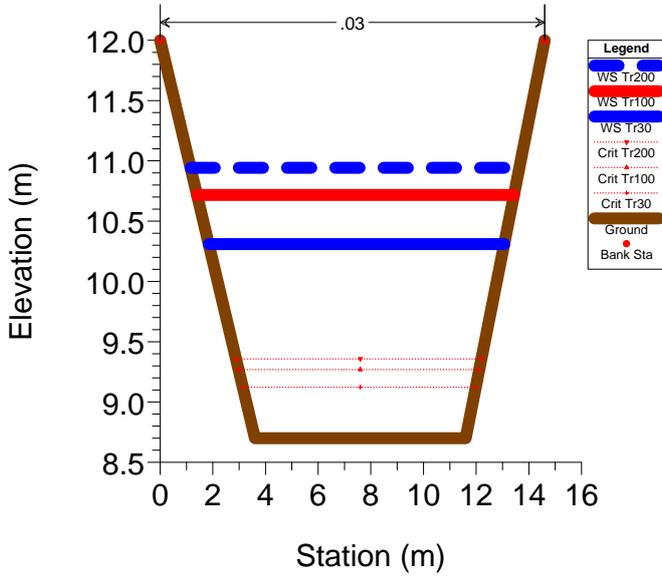
### RS = 17 Ferrovia LU-PT\_FI



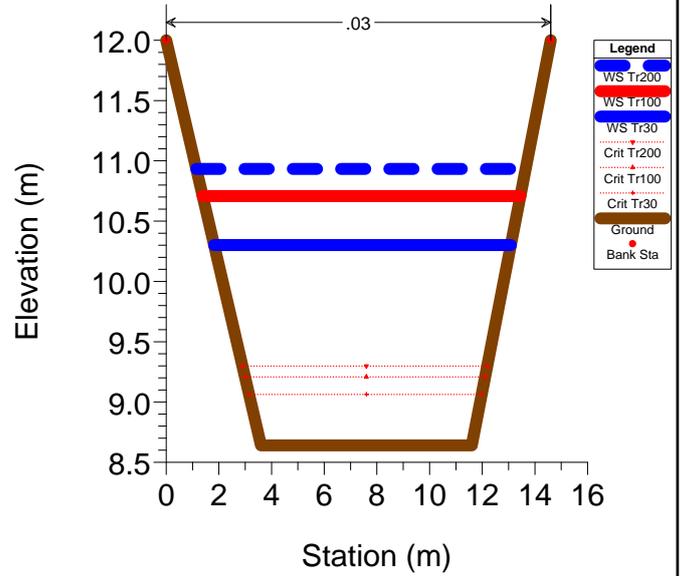
### RS = 16.9



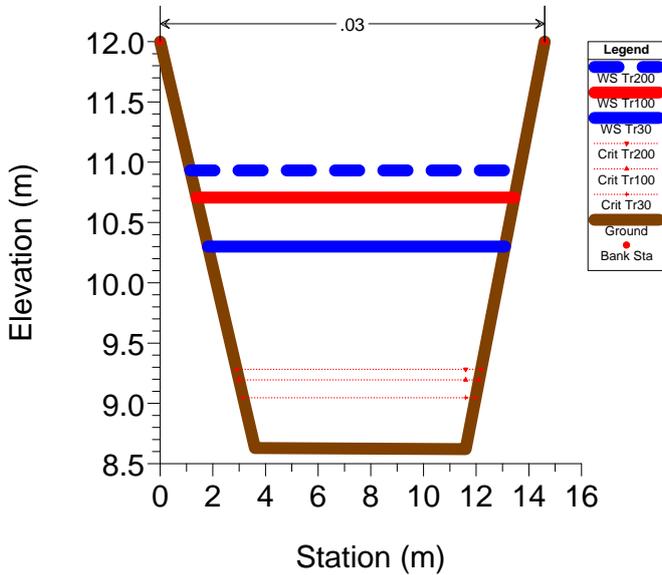
### RS = 16



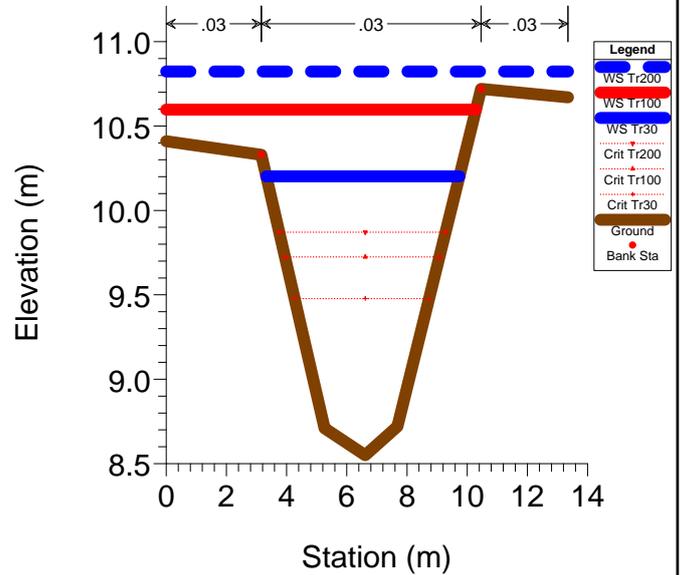
### RS = 15 Via dell'Arpino



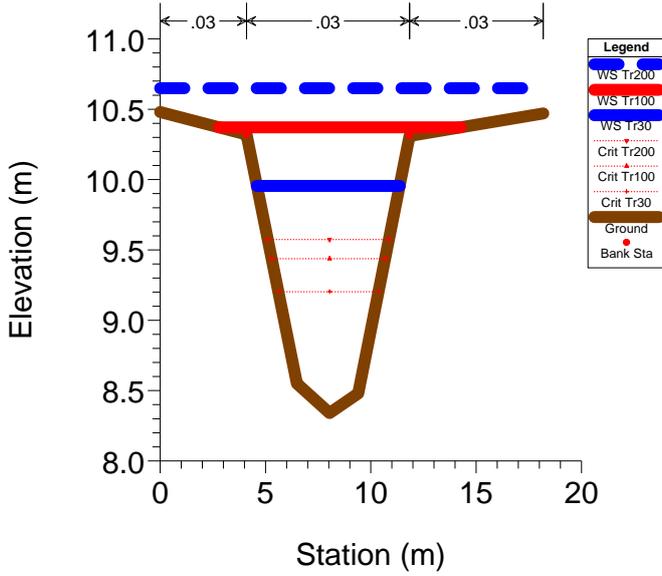
### RS = 14 Via dell'Arpino



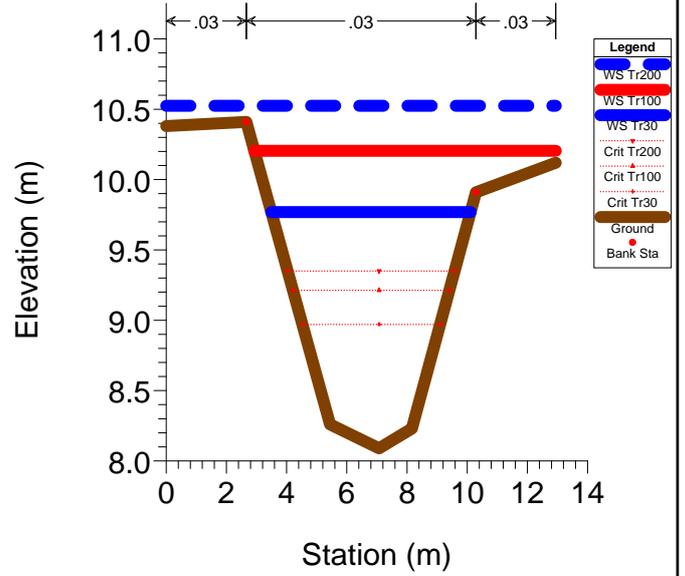
### RS = 13



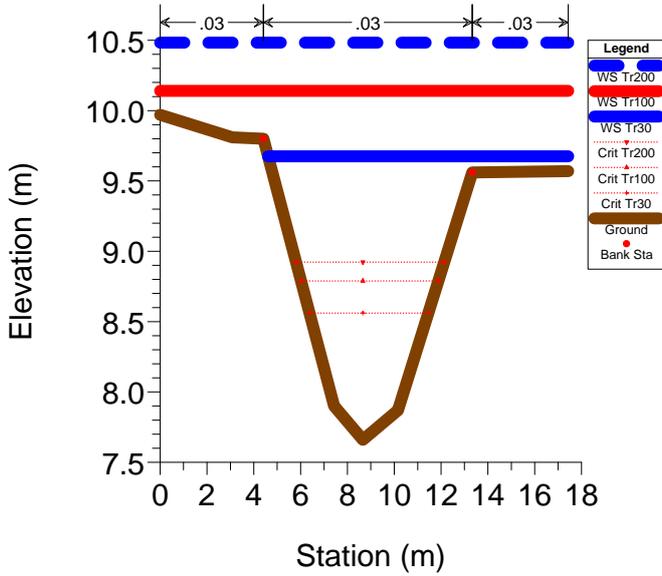
RS = 12



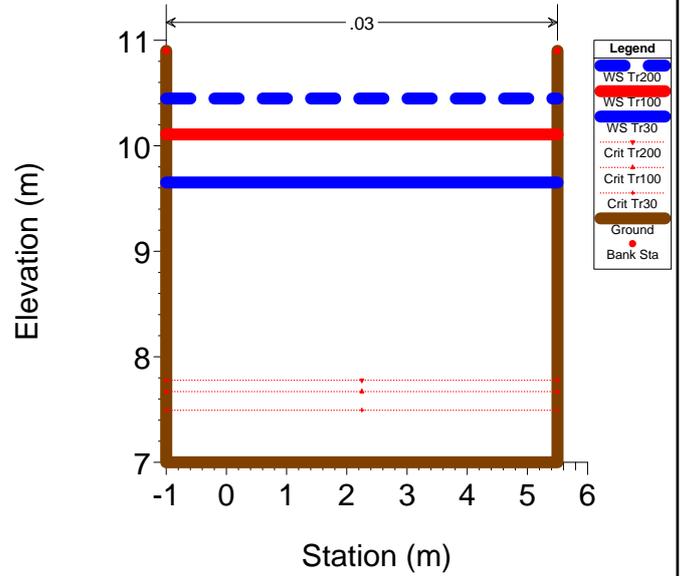
RS = 11



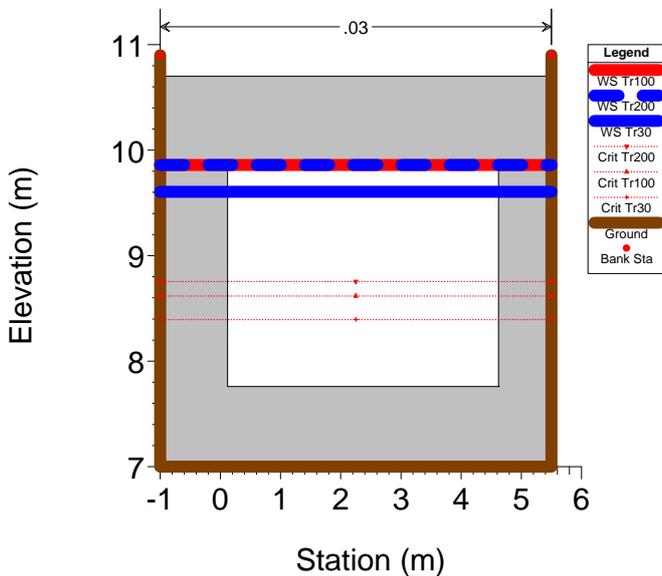
RS = 10



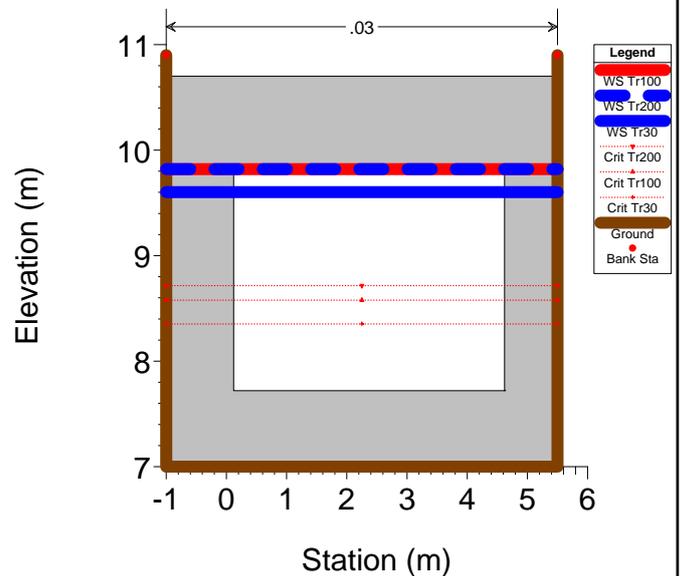
RS = 9 Autostrada A11 Firenze-Mare



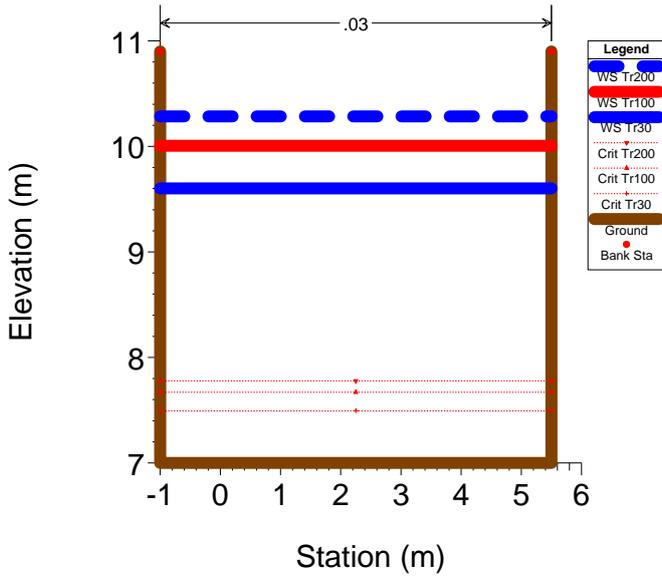
RS = 8.5 Culv Autostrada



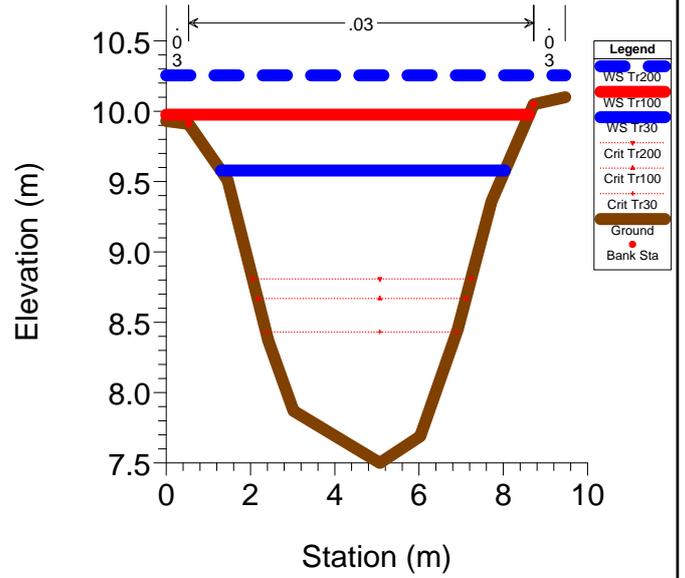
RS = 8.5 Culv Autostrada



ARPINO Plan: progetto200 con ponti\_scat 29/06/2018  
**RS = 8 Autostrada A11 Firenze-Mare**

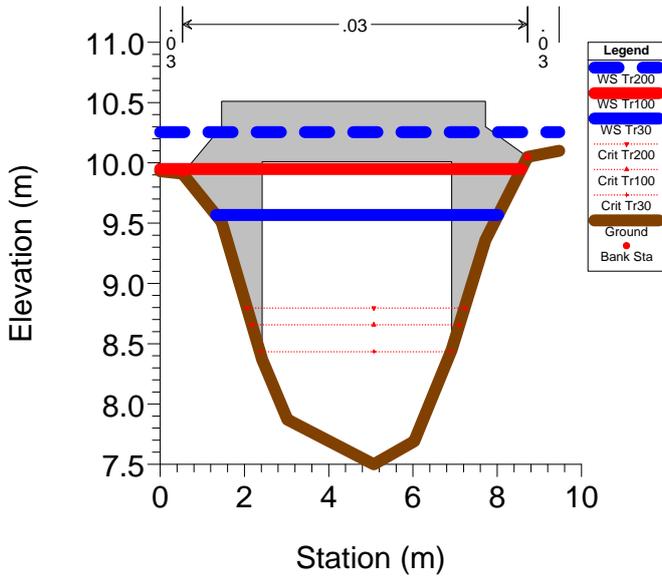


ARPINO Plan: progetto200 con ponti\_scat 29/06/2018  
**RS = 7**



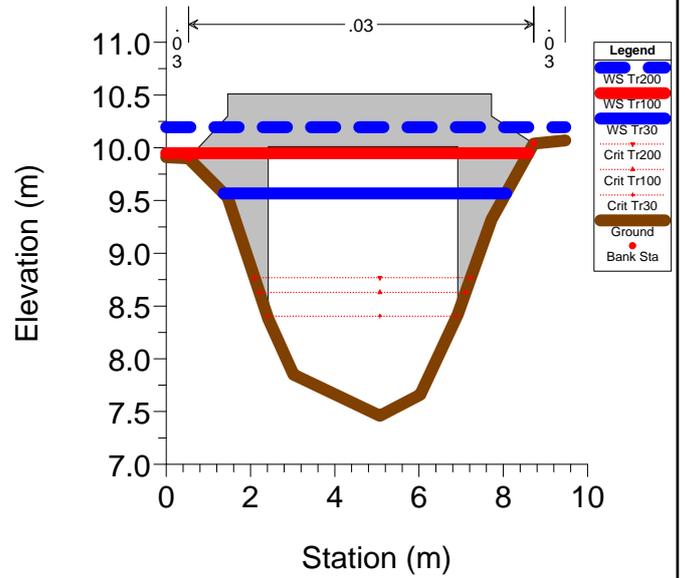
ARPINO Plan: progetto200 con ponti\_scat 29/06/2018

**RS = 6.5 BR**



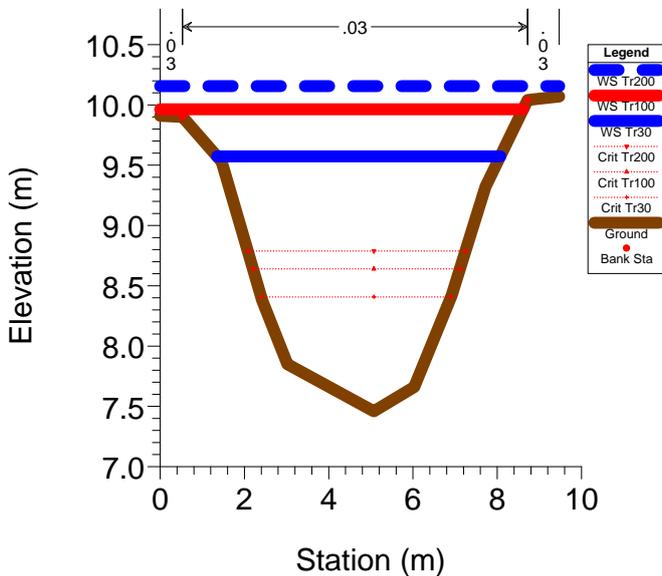
ARPINO Plan: progetto200 con ponti\_scat 29/06/2018

**RS = 6.5 BR**



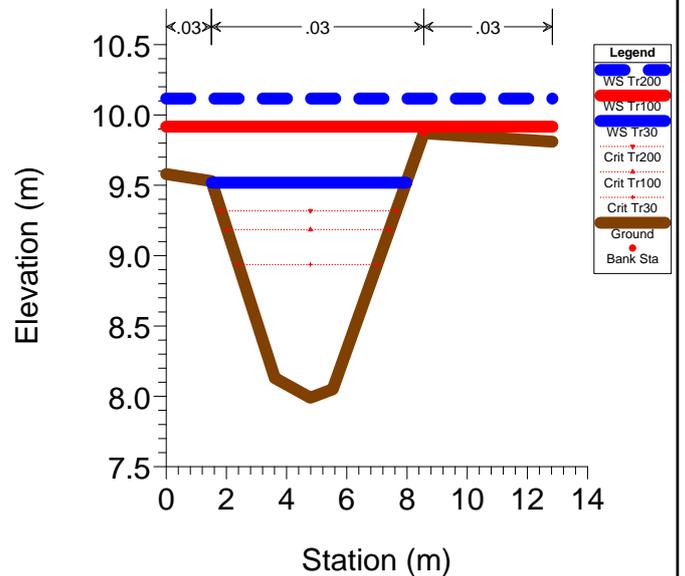
ARPINO Plan: progetto200 con ponti\_scat 29/06/2018

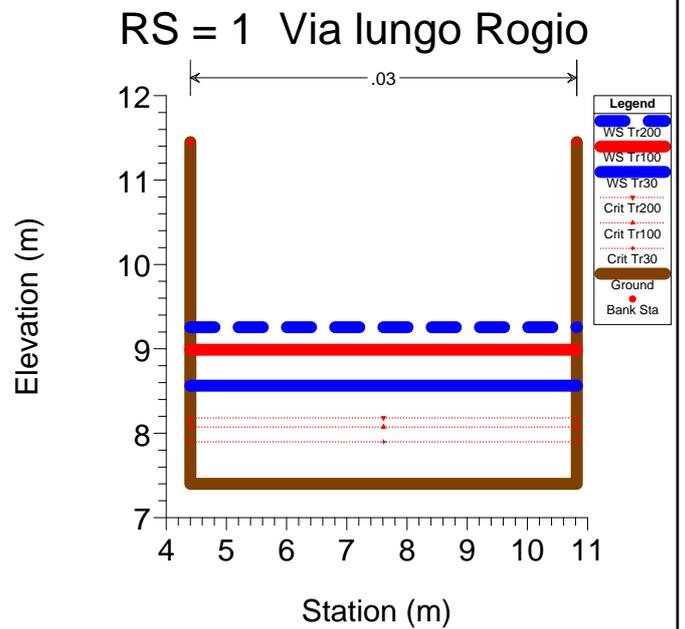
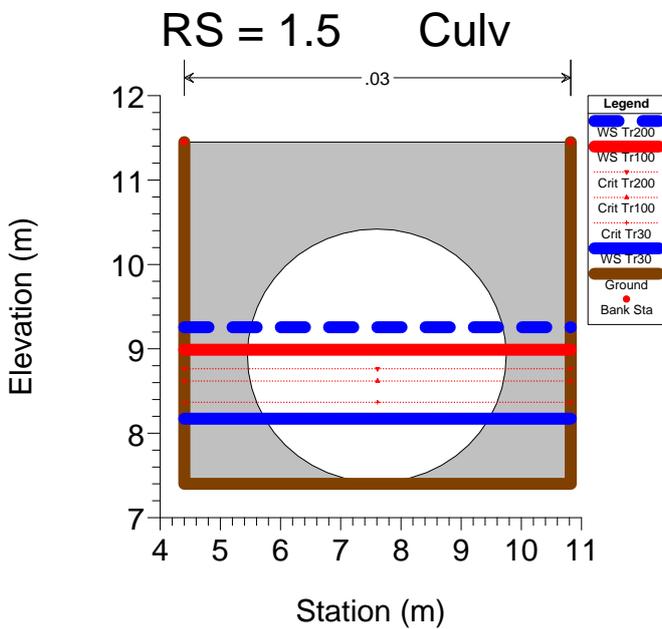
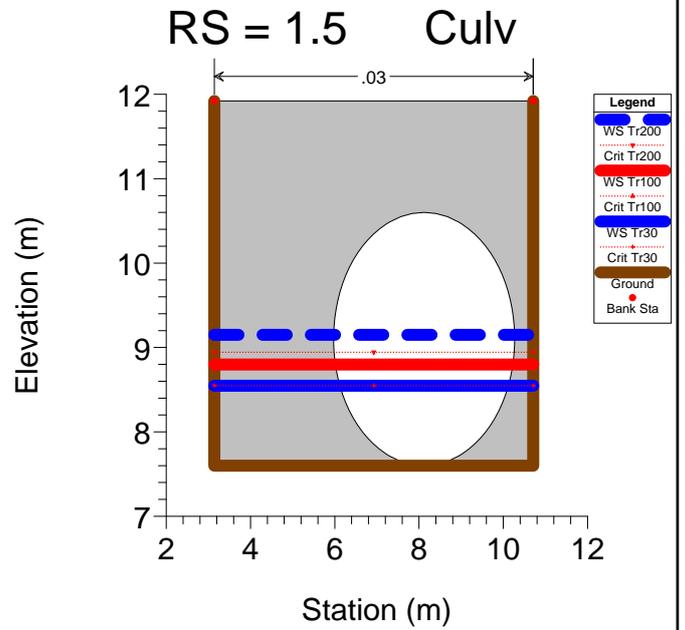
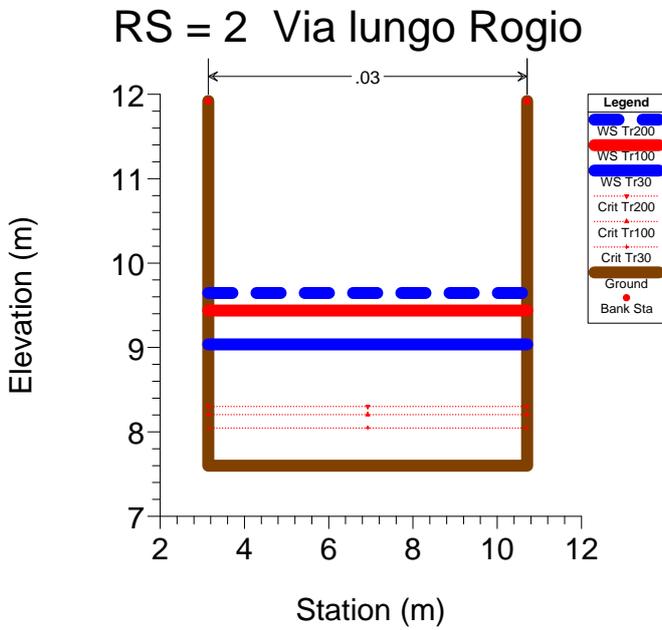
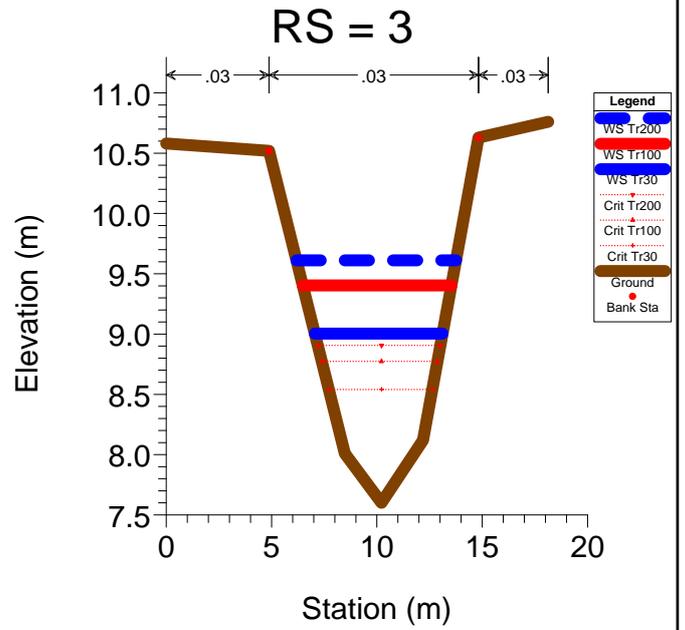
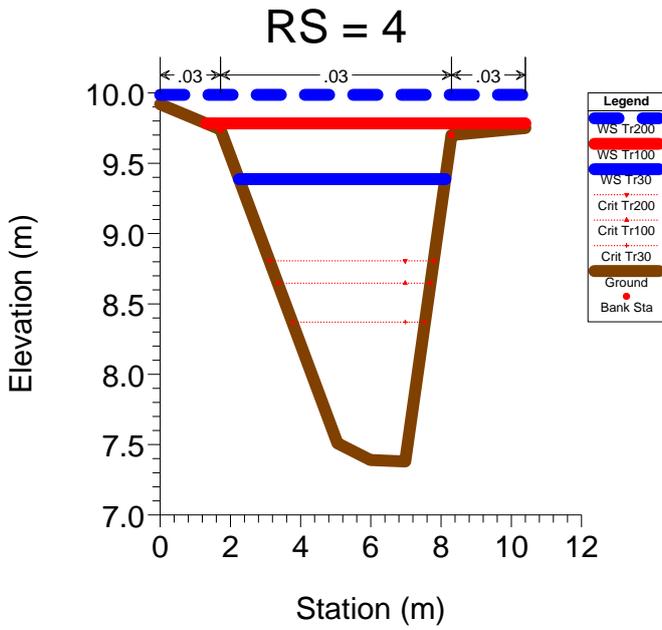
**RS = 6**



ARPINO Plan: progetto200 con ponti\_scat 29/06/2018

**RS = 5**





HEC-RAS Plan: SP200\_con ponti\_scat River: Arpino Reach: Arpino

| Reach  | River Sta | Q Total<br>(m3/s) | Min Ch El<br>(m) | W.S. Elev<br>(m) | Crit W.S.<br>(m) | E.G. Elev<br>(m) | E.G. Slope<br>(m/m) | Vel Chnl<br>(m/s) | Flow Area<br>(m2) | Top Width<br>(m) | Froude # Chl |
|--------|-----------|-------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|---------------------|-------------------|-------------------|------------------|--------------|
| Arpino | 31        | 3.40              | 10.83            | 12.02            | 11.75            | 12.13            | 0.004425            | 1.48              | 2.30              | 3.42             | 0.58         |
| Arpino | 31        | 5.40              | 10.83            | 12.26            | 11.97            | 12.40            | 0.004457            | 1.69              | 3.23              | 5.18             | 0.60         |
| Arpino | 31        | 6.80              | 10.83            | 12.38            | 12.10            | 12.54            | 0.004281            | 1.82              | 4.05              | 8.56             | 0.60         |
| Arpino | 30.5      | 3.40              | 10.72            | 11.91            | 11.64            | 12.02            | 0.004468            | 1.49              | 2.29              | 3.41             | 0.58         |
| Arpino | 30.5      | 5.40              | 10.72            | 12.14            | 11.86            | 12.29            | 0.004540            | 1.70              | 3.20              | 5.05             | 0.60         |
| Arpino | 30.5      | 6.80              | 10.72            | 12.27            | 11.99            | 12.44            | 0.004170            | 1.80              | 4.11              | 8.74             | 0.59         |
| Arpino | 30        | 3.40              | 10.62            | 11.78            | 11.55            | 11.90            | 0.005061            | 1.56              | 2.18              | 3.34             | 0.61         |
| Arpino | 30        | 5.40              | 10.62            | 12.00            | 11.76            | 12.17            | 0.005366            | 1.80              | 3.01              | 4.31             | 0.65         |
| Arpino | 30        | 6.80              | 10.62            | 12.15            | 11.89            | 12.33            | 0.004546            | 1.85              | 3.93              | 8.16             | 0.61         |
| Arpino | 29        | 3.40              | 10.60            | 11.71            | 11.52            | 11.87            | 0.006416            | 1.74              | 1.96              | 2.90             | 0.67         |
| Arpino | 29        | 5.40              | 10.60            | 11.88            | 11.75            | 12.13            | 0.008621            | 2.18              | 2.48              | 3.22             | 0.79         |
| Arpino | 29        | 6.80              | 10.60            | 11.98            | 11.88            | 12.28            | 0.009981            | 2.44              | 2.79              | 3.39             | 0.86         |
| Arpino | 28        | 3.40              | 10.46            | 11.60            | 11.37            | 11.70            | 0.004152            | 1.49              | 2.55              | 5.45             | 0.55         |
| Arpino | 28        | 5.40              | 10.46            | 11.80            | 11.62            | 11.92            | 0.003941            | 1.64              | 3.68              | 5.60             | 0.55         |
| Arpino | 28        | 6.80              | 10.46            | 11.93            | 11.71            | 12.06            | 0.003726            | 1.72              | 4.44              | 7.19             | 0.55         |
| Arpino | 27.6      | 3.40              | 10.30            | 11.45            | 11.21            | 11.55            | 0.003960            | 1.46              | 2.60              | 5.45             | 0.54         |
| Arpino | 27.6      | 5.40              | 10.30            | 11.67            | 11.46            | 11.78            | 0.003571            | 1.58              | 3.82              | 5.61             | 0.53         |
| Arpino | 27.6      | 6.80              | 10.30            | 11.81            | 11.55            | 11.92            | 0.003174            | 1.63              | 4.74              | 7.44             | 0.51         |
| Arpino | 27.5      | 3.40              | 10.15            | 11.29            | 11.06            | 11.39            | 0.004035            | 1.47              | 2.58              | 5.45             | 0.55         |
| Arpino | 27.5      | 5.40              | 10.15            | 11.55            | 11.31            | 11.65            | 0.003173            | 1.51              | 3.98              | 5.74             | 0.50         |
| Arpino | 27.5      | 6.80              | 10.15            | 11.71            | 11.40            | 11.81            | 0.002575            | 1.52              | 5.13              | 7.44             | 0.46         |
| Arpino | 27.4      | 3.40              | 9.99             | 11.15            | 10.89            | 11.25            | 0.003609            | 1.41              | 2.69              | 5.47             | 0.52         |
| Arpino | 27.4      | 5.40              | 9.99             | 11.45            | 11.15            | 11.54            | 0.002377            | 1.37              | 4.42              | 7.13             | 0.44         |
| Arpino | 27.4      | 6.80              | 9.99             | 11.64            | 11.24            | 11.72            | 0.001821            | 1.35              | 5.83              | 7.44             | 0.39         |
| Arpino | 27        | 3.40              | 9.85             | 10.63            | 10.63            | 10.96            | 0.018553            | 2.53              | 1.34              | 2.09             | 1.01         |
| Arpino | 27        | 5.40              | 9.85             | 10.87            | 10.87            | 11.31            | 0.019330            | 2.91              | 1.85              | 2.17             | 1.01         |
| Arpino | 27        | 6.80              | 9.85             | 11.02            | 11.02            | 11.52            | 0.019869            | 3.12              | 2.18              | 2.22             | 1.01         |
| Arpino | 26        | 3.40              | 9.87             | 10.61            | 10.16            | 10.64            | 0.000568            | 0.65              | 5.21              | 8.71             | 0.24         |
| Arpino | 26        | 5.40              | 9.87             | 11.02            | 10.26            | 11.04            | 0.000339            | 0.67              | 8.03              | 9.64             | 0.20         |
| Arpino | 26        | 6.80              | 9.87             | 11.26            | 10.33            | 11.28            | 0.000286            | 0.70              | 9.70              | 10.19            | 0.19         |
| Arpino | 25.5      | Culvert           |                  |                  |                  |                  |                     |                   |                   |                  |              |
| Arpino | 25        | 3.40              | 9.80             | 10.61            | 10.09            | 10.63            | 0.000433            | 0.60              | 5.65              | 8.81             | 0.21         |
| Arpino | 25        | 5.40              | 9.80             | 11.01            | 10.19            | 11.03            | 0.000284            | 0.64              | 8.47              | 9.72             | 0.19         |
| Arpino | 25        | 6.80              | 9.80             | 11.25            | 10.26            | 11.27            | 0.000248            | 0.67              | 10.13             | 10.25            | 0.18         |
| Arpino | 24.9      | 3.40              | 9.80             | 10.61            | 10.08            | 10.62            | 0.000415            | 0.52              | 6.50              | 9.06             | 0.20         |
| Arpino | 24.9      | 5.40              | 9.80             | 11.01            | 10.18            | 11.03            | 0.000262            | 0.52              | 10.37             | 10.08            | 0.16         |
| Arpino | 24.9      | 6.80              | 9.80             | 11.25            | 10.24            | 11.27            | 0.000222            | 0.53              | 12.85             | 10.69            | 0.15         |
| Arpino | 24.5      | 3.40              | 9.66             | 10.58            | 9.94             | 10.59            | 0.000269            | 0.45              | 7.49              | 9.22             | 0.16         |
| Arpino | 24.5      | 5.40              | 9.66             | 11.00            | 10.04            | 11.01            | 0.000191            | 0.47              | 11.50             | 10.22            | 0.14         |
| Arpino | 24.5      | 6.80              | 9.66             | 11.24            | 10.10            | 11.25            | 0.000170            | 0.48              | 14.04             | 10.80            | 0.14         |
| Arpino | 24        | 3.40              | 9.56             | 10.56            | 9.84             | 10.57            | 0.000203            | 0.41              | 8.22              | 9.38             | 0.14         |
| Arpino | 24        | 5.40              | 9.56             | 10.98            | 9.94             | 10.99            | 0.000155            | 0.44              | 12.35             | 10.37            | 0.13         |
| Arpino | 24        | 6.80              | 9.56             | 11.22            | 10.00            | 11.23            | 0.000142            | 0.46              | 14.94             | 10.95            | 0.12         |
| Arpino | 23        | 3.40              | 9.40             | 10.54            | 9.68             | 10.54            | 0.000137            | 0.36              | 9.33              | 9.45             | 0.12         |
| Arpino | 23        | 5.40              | 9.40             | 10.96            | 9.78             | 10.97            | 0.000117            | 0.40              | 13.53             | 10.36            | 0.11         |
| Arpino | 23        | 6.80              | 9.40             | 11.20            | 9.85             | 11.21            | 0.000112            | 0.42              | 16.13             | 10.89            | 0.11         |
| Arpino | 22        | 3.40              | 9.39             | 10.53            | 9.67             | 10.54            | 0.000132            | 0.36              | 9.45              | 9.52             | 0.12         |
| Arpino | 22        | 5.40              | 9.39             | 10.96            | 9.77             | 10.97            | 0.000113            | 0.39              | 13.68             | 10.45            | 0.11         |
| Arpino | 22        | 6.80              | 9.39             | 11.20            | 9.84             | 11.21            | 0.000109            | 0.42              | 16.30             | 10.99            | 0.11         |
| Arpino | 21        | 7.10              | 9.35             | 10.51            | 9.77             | 10.53            | 0.000428            | 0.66              | 10.74             | 10.55            | 0.21         |
| Arpino | 21        | 11.20             | 9.35             | 10.93            | 9.92             | 10.96            | 0.000370            | 0.73              | 15.38             | 11.47            | 0.20         |
| Arpino | 21        | 14.00             | 9.35             | 11.17            | 10.01            | 11.20            | 0.000353            | 0.77              | 18.22             | 12.01            | 0.20         |
| Arpino | 20        | 7.10              | 9.13             | 10.44            | 9.55             | 10.46            | 0.000279            | 0.57              | 12.40             | 10.89            | 0.17         |
| Arpino | 20        | 11.20             | 9.13             | 10.87            | 9.70             | 10.89            | 0.000264            | 0.65              | 17.26             | 11.83            | 0.17         |
| Arpino | 20        | 14.00             | 9.13             | 11.12            | 9.79             | 11.14            | 0.000262            | 0.69              | 20.21             | 12.37            | 0.17         |

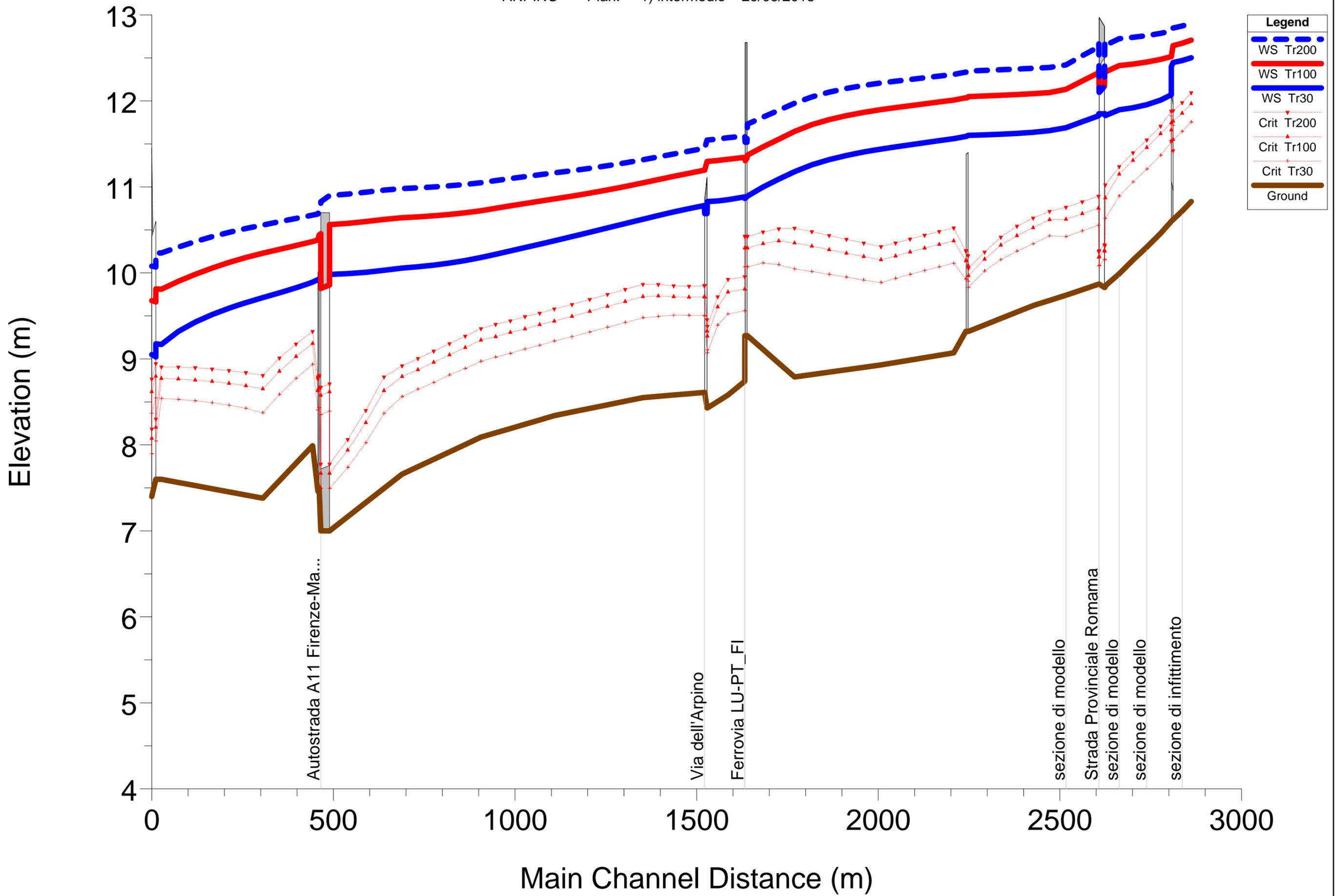
HEC-RAS Plan: SP200\_con ponti\_scat River: Arpino Reach: Arpino (Continued)

| Reach  | River Sta | Q Total<br>(m3/s) | Min Ch El<br>(m) | W.S. Elev<br>(m) | Crit W.S.<br>(m) | E.G. Elev<br>(m) | E.G. Slope<br>(m/m) | Vel Chnl<br>(m/s) | Flow Area<br>(m2) | Top Width<br>(m) | Froude # Chl |
|--------|-----------|-------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|---------------------|-------------------|-------------------|------------------|--------------|
| Arpino | 19        | 7.10              | 8.87             | 10.40            | 9.29             | 10.41            | 0.000167            | 0.48              | 14.77             | 11.36            | 0.13         |
| Arpino | 19        | 11.20             | 8.87             | 10.82            | 9.44             | 10.84            | 0.000177            | 0.56              | 19.83             | 12.30            | 0.14         |
| Arpino | 19        | 14.00             | 8.87             | 11.07            | 9.53             | 11.09            | 0.000184            | 0.61              | 22.88             | 12.83            | 0.15         |
| Arpino | 18        | 7.10              | 8.74             | 10.28            | 9.56             | 10.35            | 0.001372            | 1.17              | 6.05              | 4.69             | 0.33         |
| Arpino | 18        | 11.20             | 8.74             | 10.68            | 9.82             | 10.78            | 0.001707            | 1.42              | 7.91              | 5.06             | 0.36         |
| Arpino | 18        | 14.00             | 8.74             | 10.90            | 9.96             | 11.02            | 0.001953            | 1.53              | 9.17              | 6.03             | 0.40         |
| Arpino | 17.5      | Bridge            |                  |                  |                  |                  |                     |                   |                   |                  |              |
| Arpino | 17        | 7.10              | 8.74             | 10.27            | 9.56             | 10.34            | 0.001405            | 1.18              | 6.00              | 4.69             | 0.33         |
| Arpino | 17        | 11.20             | 8.74             | 10.66            | 9.82             | 10.77            | 0.001739            | 1.43              | 7.84              | 5.02             | 0.36         |
| Arpino | 17        | 14.00             | 8.74             | 10.88            | 9.96             | 11.00            | 0.002906            | 1.53              | 9.18              | 9.13             | 0.49         |
| Arpino | 16.9      | 7.10              | 8.74             | 10.32            | 9.16             | 10.33            | 0.000154            | 0.47              | 15.12             | 11.19            | 0.13         |
| Arpino | 16.9      | 11.20             | 8.74             | 10.72            | 9.31             | 10.74            | 0.000174            | 0.56              | 19.86             | 12.02            | 0.14         |
| Arpino | 16.9      | 14.00             | 8.74             | 10.95            | 9.40             | 10.97            | 0.000187            | 0.62              | 22.63             | 12.48            | 0.15         |
| Arpino | 16        | 7.10              | 8.70             | 10.31            | 9.12             | 10.32            | 0.000144            | 0.46              | 15.46             | 11.22            | 0.12         |
| Arpino | 16        | 11.20             | 8.70             | 10.72            | 9.27             | 10.73            | 0.000165            | 0.55              | 20.20             | 12.03            | 0.14         |
| Arpino | 16        | 14.00             | 8.70             | 10.94            | 9.36             | 10.96            | 0.000179            | 0.61              | 22.97             | 12.49            | 0.14         |
| Arpino | 15        | 7.10              | 8.64             | 10.30            | 9.06             | 10.31            | 0.000130            | 0.44              | 16.01             | 11.26            | 0.12         |
| Arpino | 15        | 11.20             | 8.64             | 10.71            | 9.21             | 10.72            | 0.000152            | 0.54              | 20.75             | 12.06            | 0.13         |
| Arpino | 15        | 14.00             | 8.64             | 10.93            | 9.30             | 10.95            | 0.000166            | 0.60              | 23.51             | 12.50            | 0.14         |
| Arpino | 14        | 7.10              | 8.62             | 10.30            | 9.05             | 10.31            | 0.000126            | 0.44              | 16.15             | 11.28            | 0.12         |
| Arpino | 14        | 11.20             | 8.62             | 10.71            | 9.20             | 10.72            | 0.000149            | 0.54              | 20.89             | 12.07            | 0.13         |
| Arpino | 14        | 14.00             | 8.62             | 10.93            | 9.28             | 10.95            | 0.000163            | 0.59              | 23.66             | 12.51            | 0.14         |
| Arpino | 13        | 7.10              | 8.55             | 10.20            | 9.48             | 10.26            | 0.001119            | 1.05              | 6.77              | 6.41             | 0.33         |
| Arpino | 13        | 11.20             | 8.55             | 10.60            | 9.72             | 10.66            | 0.001007            | 1.15              | 10.19             | 10.29            | 0.32         |
| Arpino | 13        | 14.00             | 8.55             | 10.82            | 9.87             | 10.89            | 0.000885            | 1.18              | 12.91             | 13.35            | 0.31         |
| Arpino | 12        | 7.10              | 8.34             | 9.96             | 9.20             | 10.00            | 0.000954            | 0.98              | 7.23              | 6.77             | 0.30         |
| Arpino | 12        | 11.20             | 8.34             | 10.37            | 9.44             | 10.43            | 0.000890            | 1.09              | 10.38             | 11.47            | 0.30         |
| Arpino | 12        | 14.00             | 8.34             | 10.65            | 9.57             | 10.70            | 0.000647            | 1.05              | 15.10             | 18.18            | 0.27         |
| Arpino | 11        | 7.10              | 8.09             | 9.77             | 8.97             | 9.82             | 0.000902            | 0.97              | 7.33              | 6.62             | 0.29         |
| Arpino | 11        | 11.20             | 8.09             | 10.20            | 9.21             | 10.26            | 0.000793            | 1.06              | 10.90             | 10.01            | 0.29         |
| Arpino | 11        | 14.00             | 8.09             | 10.52            | 9.35             | 10.58            | 0.000602            | 1.04              | 14.51             | 12.94            | 0.26         |
| Arpino | 10        | 7.10              | 7.66             | 9.67             | 8.56             | 9.70             | 0.000337            | 0.66              | 11.19             | 12.82            | 0.19         |
| Arpino | 10        | 11.20             | 7.66             | 10.14            | 8.79             | 10.16            | 0.000244            | 0.68              | 18.46             | 17.43            | 0.17         |
| Arpino | 10        | 14.00             | 7.66             | 10.48            | 8.92             | 10.50            | 0.000177            | 0.66              | 24.43             | 17.43            | 0.15         |
| Arpino | 9         | 7.10              | 7.00             | 9.65             | 7.49             | 9.66             | 0.000092            | 0.41              | 17.24             | 6.50             | 0.08         |
| Arpino | 9         | 11.20             | 7.00             | 10.11            | 7.67             | 10.12            | 0.000149            | 0.55              | 20.20             | 6.50             | 0.10         |
| Arpino | 9         | 14.00             | 7.00             | 10.45            | 7.78             | 10.47            | 0.000177            | 0.62              | 22.41             | 6.50             | 0.11         |
| Arpino | 8.5       | Culvert           |                  |                  |                  |                  |                     |                   |                   |                  |              |
| Arpino | 8         | 7.10              | 7.00             | 9.60             | 7.49             | 9.61             | 0.000097            | 0.42              | 16.92             | 6.50             | 0.08         |
| Arpino | 8         | 11.20             | 7.00             | 10.01            | 7.67             | 10.02            | 0.000163            | 0.57              | 19.54             | 6.50             | 0.11         |
| Arpino | 8         | 14.00             | 7.00             | 10.28            | 7.78             | 10.31            | 0.000201            | 0.66              | 21.35             | 6.50             | 0.12         |
| Arpino | 7         | 7.10              | 7.50             | 9.58             | 8.43             | 9.61             | 0.000466            | 0.77              | 9.19              | 6.74             | 0.21         |
| Arpino | 7         | 11.20             | 7.50             | 9.98             | 8.67             | 10.02            | 0.000573            | 0.92              | 12.19             | 8.61             | 0.24         |
| Arpino | 7         | 14.00             | 7.50             | 10.25            | 8.81             | 10.30            | 0.000508            | 0.96              | 14.76             | 9.47             | 0.23         |
| Arpino | 6.5       | Bridge            |                  |                  |                  |                  |                     |                   |                   |                  |              |
| Arpino | 6         | 7.10              | 7.46             | 9.57             | 8.41             | 9.60             | 0.000449            | 0.76              | 9.31              | 6.72             | 0.21         |
| Arpino | 6         | 11.20             | 7.46             | 9.96             | 8.64             | 10.01            | 0.000565            | 0.92              | 12.26             | 8.62             | 0.24         |
| Arpino | 6         | 14.00             | 7.46             | 10.16            | 8.79             | 10.21            | 0.000598            | 1.01              | 14.00             | 9.47             | 0.25         |
| Arpino | 5         | 7.10              | 7.99             | 9.52             | 8.94             | 9.59             | 0.001566            | 1.17              | 6.08              | 6.46             | 0.38         |
| Arpino | 5         | 11.20             | 7.99             | 9.92             | 9.18             | 9.99             | 0.001212            | 1.24              | 9.65              | 12.83            | 0.35         |
| Arpino | 5         | 14.00             | 7.99             | 10.12            | 9.32             | 10.19            | 0.001055            | 1.27              | 12.22             | 12.83            | 0.34         |
| Arpino | 4         | 7.10              | 7.38             | 9.39             | 8.37             | 9.43             | 0.000795            | 0.94              | 7.58              | 5.88             | 0.26         |
| Arpino | 4         | 11.20             | 7.38             | 9.78             | 8.65             | 9.85             | 0.000903            | 1.11              | 10.19             | 9.09             | 0.29         |
| Arpino | 4         | 14.00             | 7.38             | 9.99             | 8.81             | 10.06            | 0.000895            | 1.20              | 12.23             | 10.40            | 0.29         |

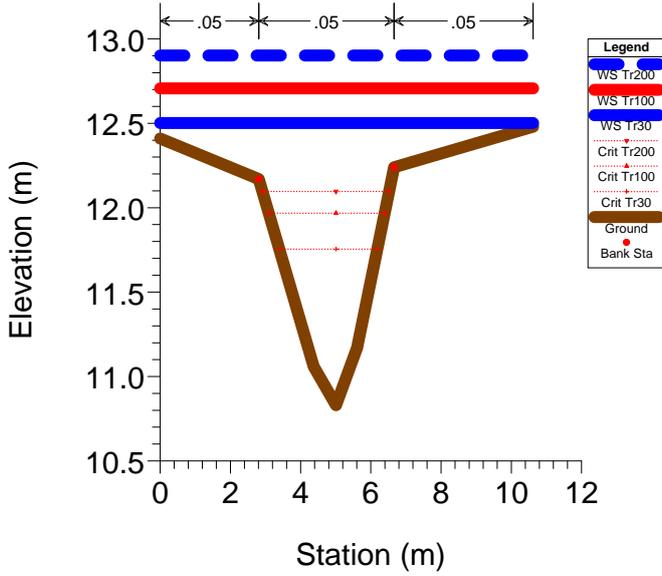
HEC-RAS Plan: SP200\_con ponti\_scat River: Arpino Reach: Arpino (Continued)

| Reach  | River Sta | Q Total<br>(m3/s) | Min Ch El<br>(m) | W.S. Elev<br>(m) | Crit W.S.<br>(m) | E.G. Elev<br>(m) | E.G. Slope<br>(m/m) | Vel Chnl<br>(m/s) | Flow Area<br>(m2) | Top Width<br>(m) | Froude # Chl |
|--------|-----------|-------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|---------------------|-------------------|-------------------|------------------|--------------|
| Arpino | 3         | 7.10              | 7.60             | 9.00             | 8.54             | 9.09             | 0.002064            | 1.30              | 5.45              | 6.06             | 0.44         |
| Arpino | 3         | 11.20             | 7.60             | 9.40             | 8.77             | 9.50             | 0.001744            | 1.39              | 8.08              | 7.05             | 0.41         |
| Arpino | 3         | 14.00             | 7.60             | 9.61             | 8.91             | 9.72             | 0.001703            | 1.46              | 9.60              | 7.57             | 0.41         |
| Arpino | 2         | 7.10              | 7.60             | 9.04             | 8.05             | 9.06             | 0.000363            | 0.65              | 10.88             | 7.57             | 0.17         |
| Arpino | 2         | 11.20             | 7.60             | 9.44             | 8.20             | 9.47             | 0.000440            | 0.81              | 13.90             | 7.57             | 0.19         |
| Arpino | 2         | 14.00             | 7.60             | 9.64             | 8.30             | 9.69             | 0.000504            | 0.90              | 15.48             | 7.57             | 0.20         |
| Arpino | 1.5       | Culvert           |                  |                  |                  |                  |                     |                   |                   |                  |              |
| Arpino | 1         | 7.10              | 7.40             | 8.56             | 7.90             | 8.61             | 0.001000            | 0.95              | 7.48              | 6.42             | 0.28         |
| Arpino | 1         | 11.20             | 7.40             | 8.99             | 8.07             | 9.05             | 0.001001            | 1.10              | 10.20             | 6.42             | 0.28         |
| Arpino | 1         | 14.00             | 7.40             | 9.26             | 8.18             | 9.33             | 0.001000            | 1.17              | 11.92             | 6.42             | 0.28         |

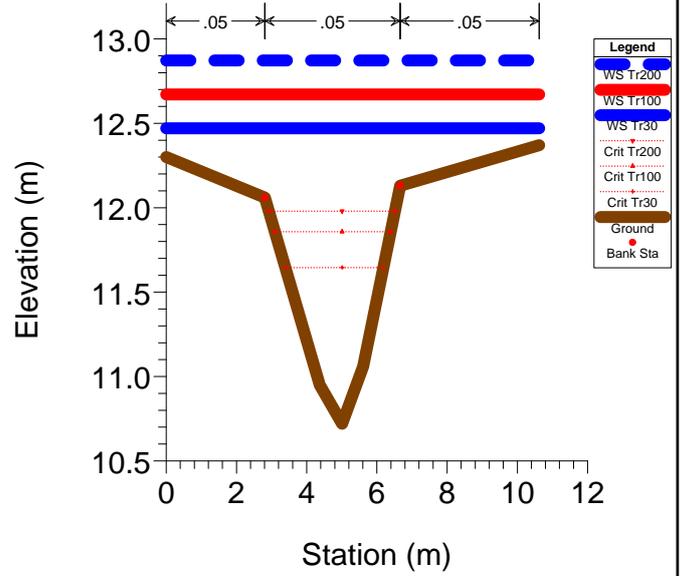
**RISULTATI DEI CALCOLO IDRAULICI  
MODELLO MONODIMENSIONALE  
RIO ARPINO  
CONFIGURAZIONE STATO DI PROGETTO – POST OPERAM**



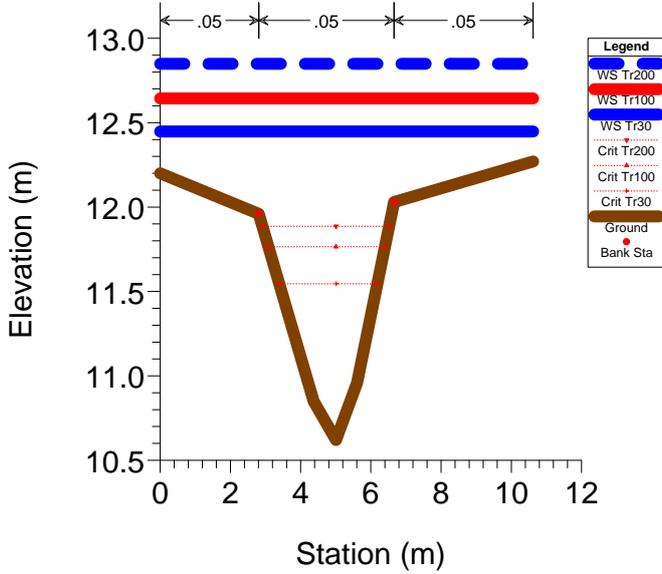
### RS = 31



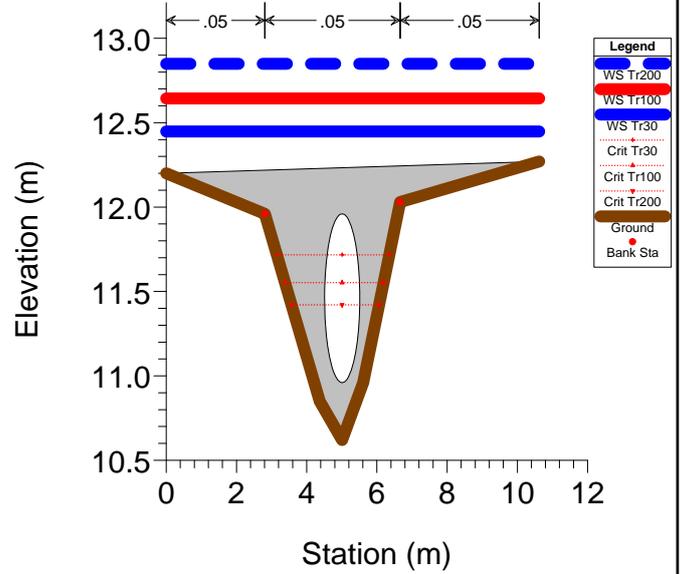
### RS = 30.5 sezione di infittimento



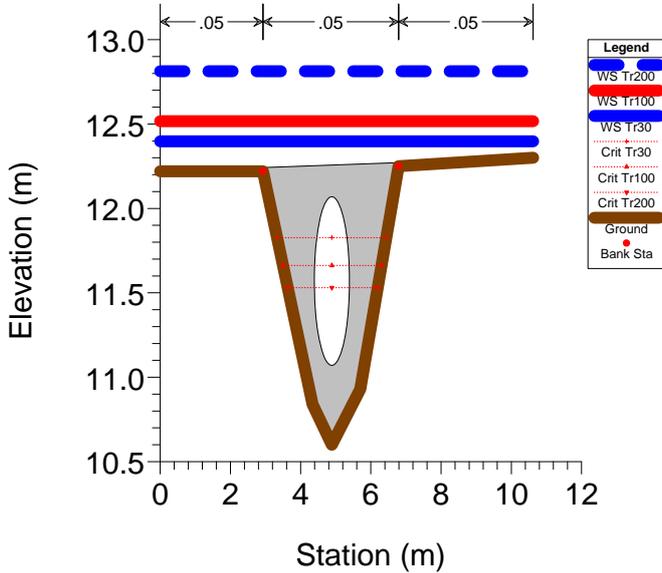
### RS = 30



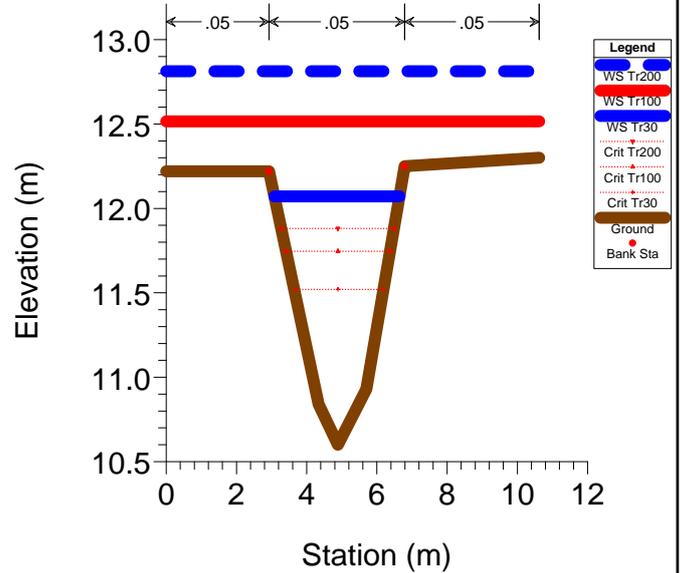
### RS = 29.5 Culv



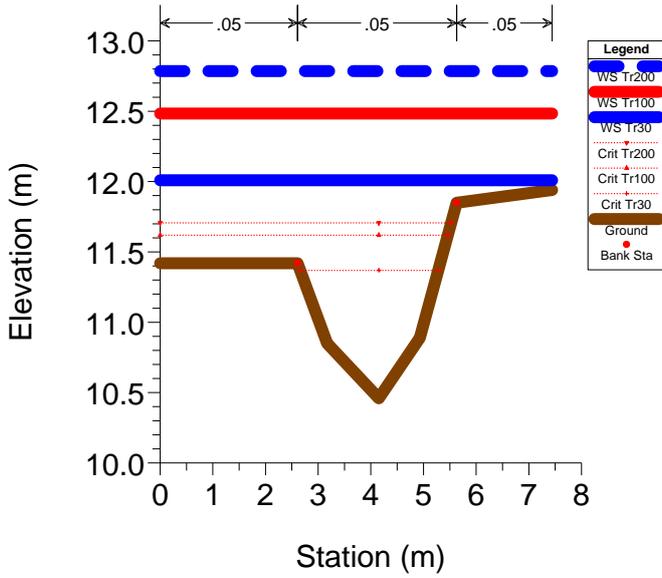
### RS = 29.5 Culv



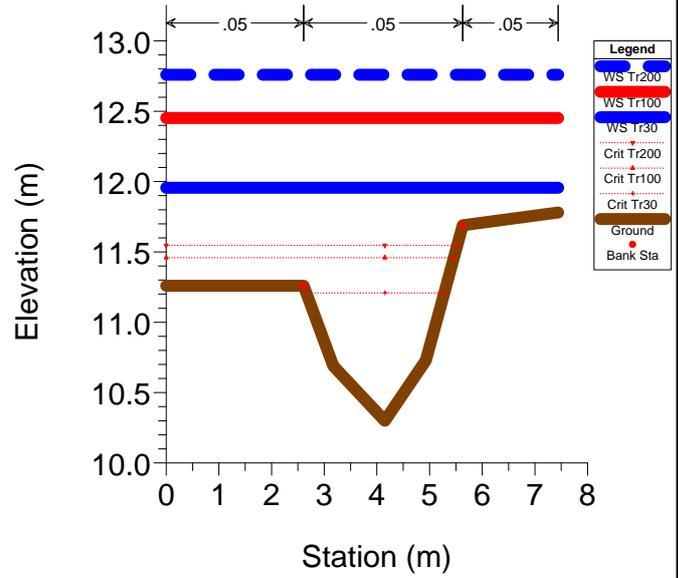
### RS = 29



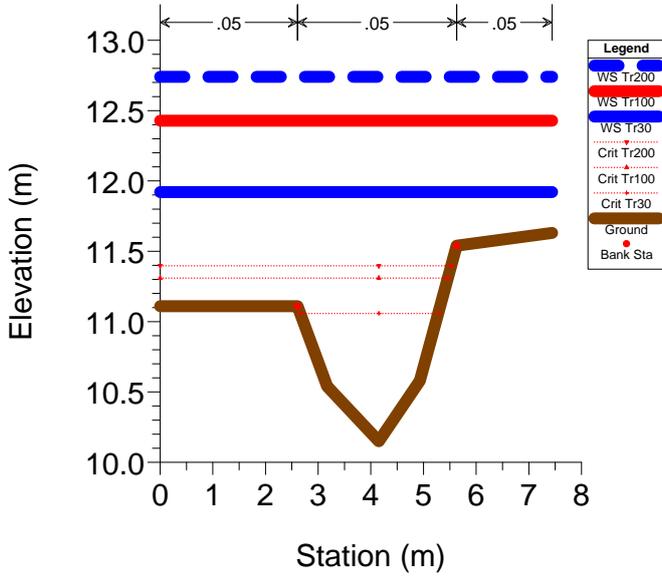
### RS = 28



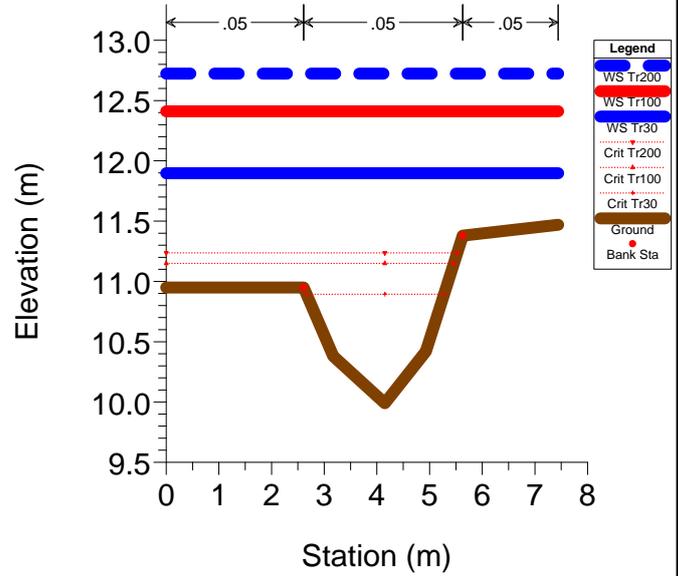
### RS = 27.6 sezione di modello



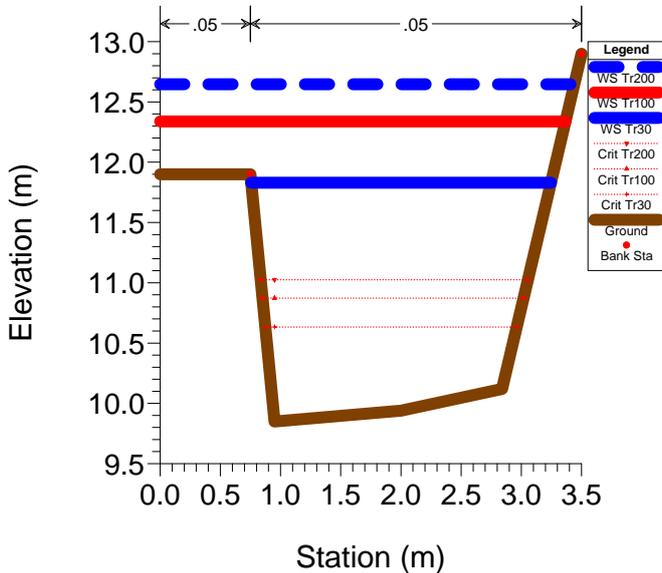
### RS = 27.5 sezione di modello



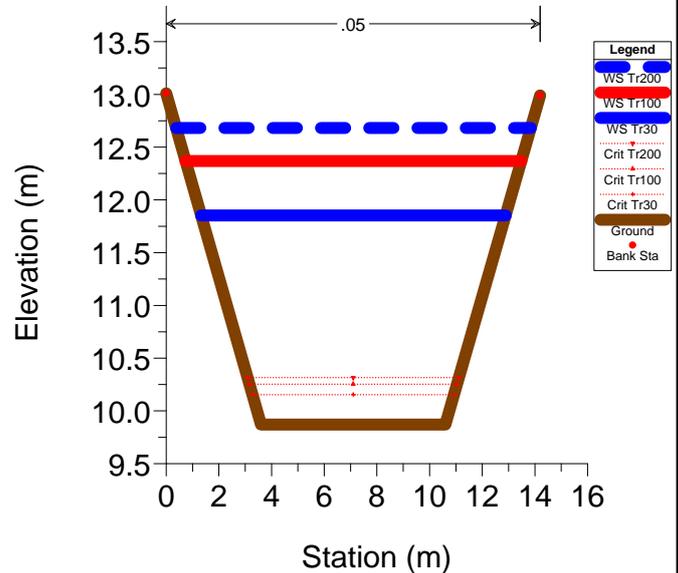
### RS = 27.4 sezione di modello



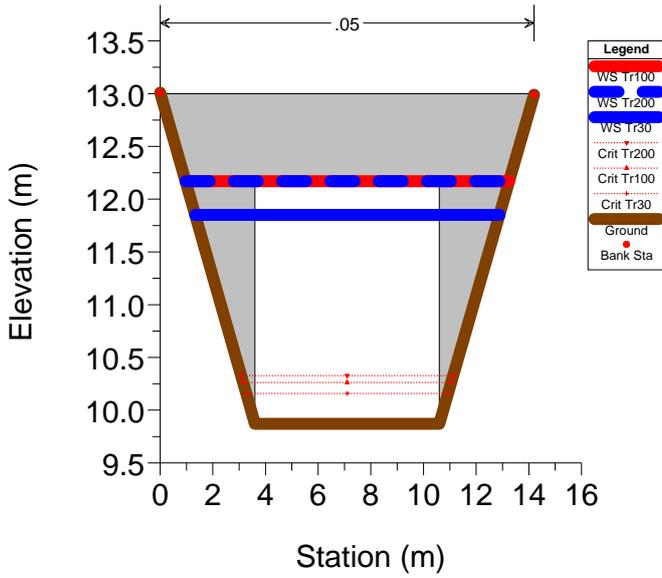
### RS = 27



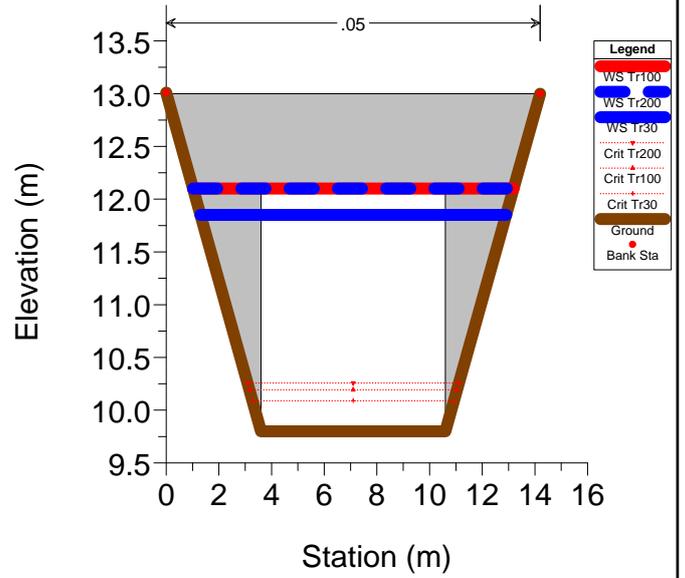
### RS = 26 Strada Provinciale Romana



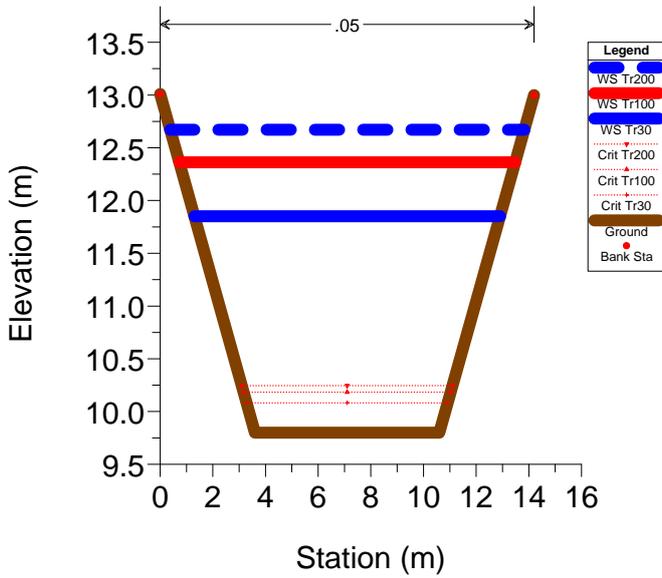
### RS = 25.5 Culv via Romana



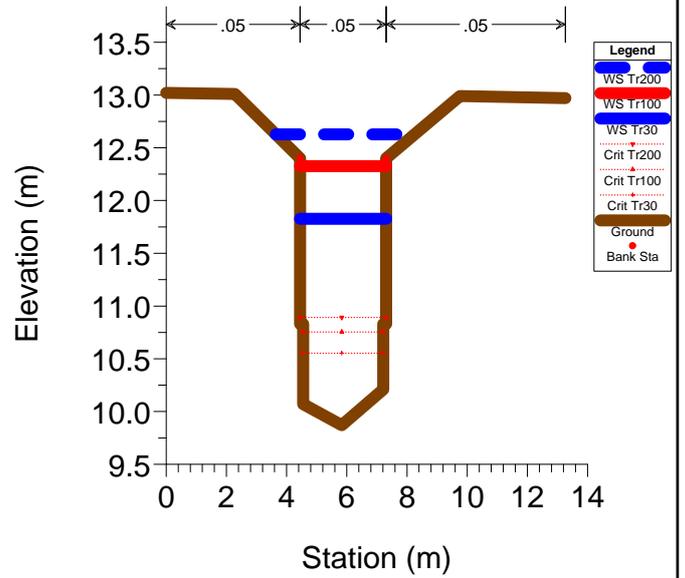
### RS = 25.5 Culv via Romana



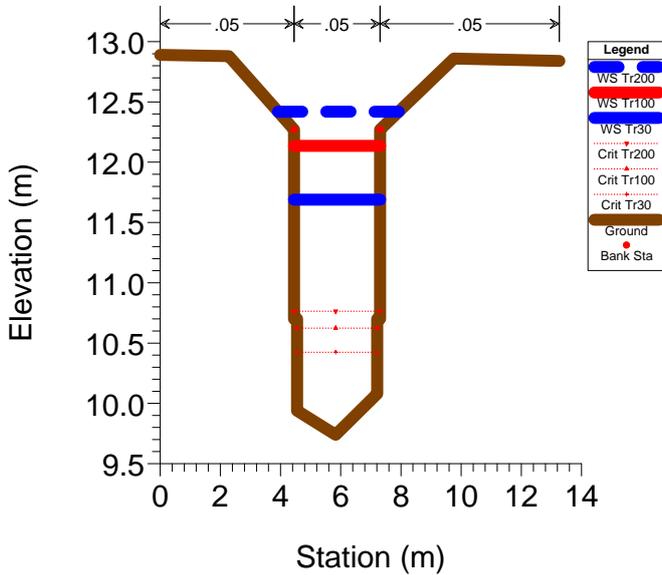
### RS = 25.1 Strada Provinciale Romama



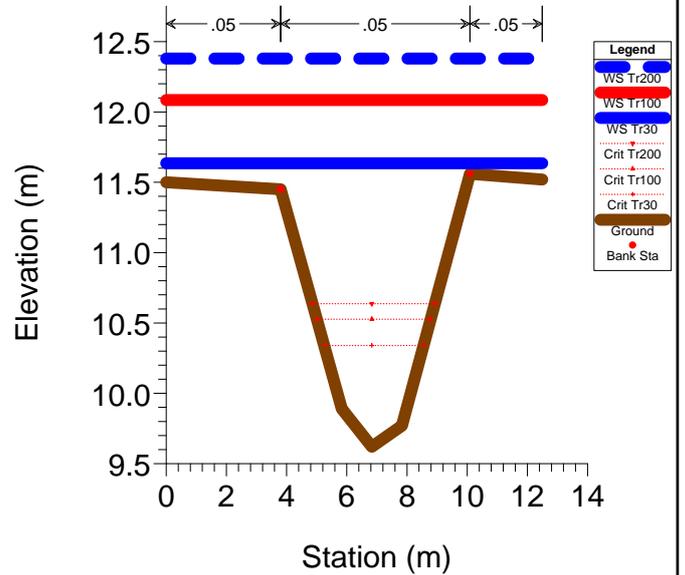
### RS = 25 Strada Provinciale Romama



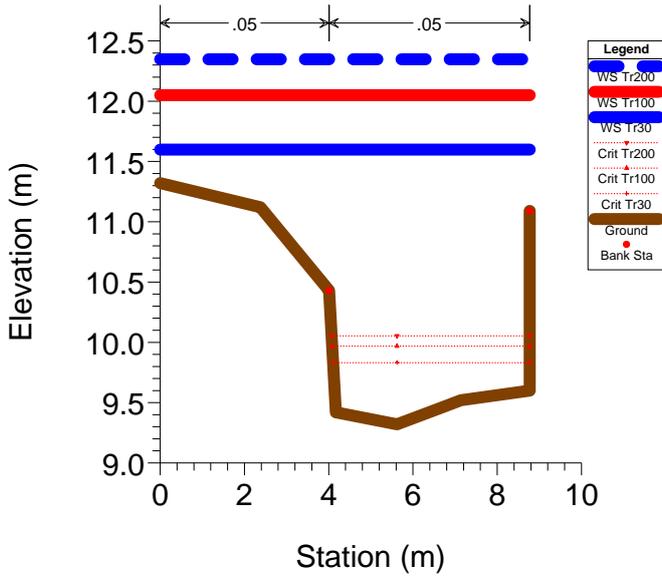
### RS = 24.5 sezione di modello



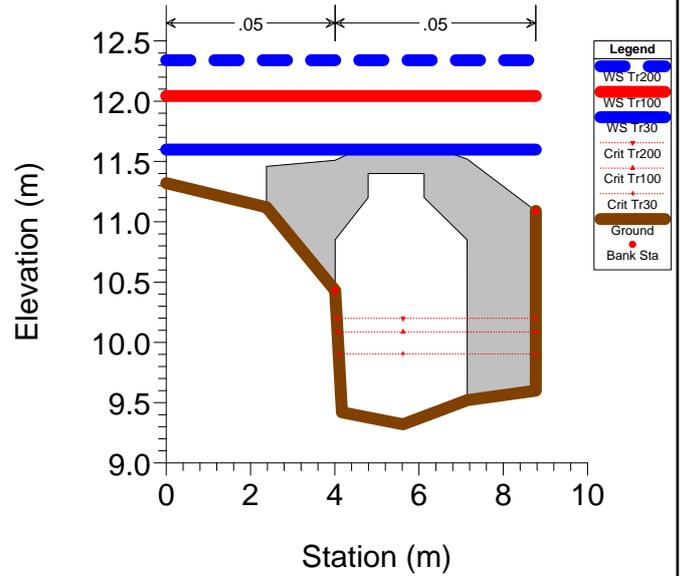
### RS = 24



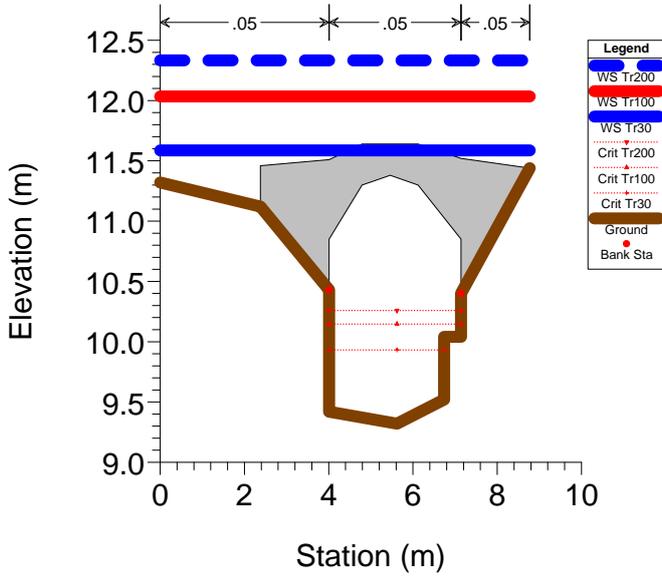
### RS = 23



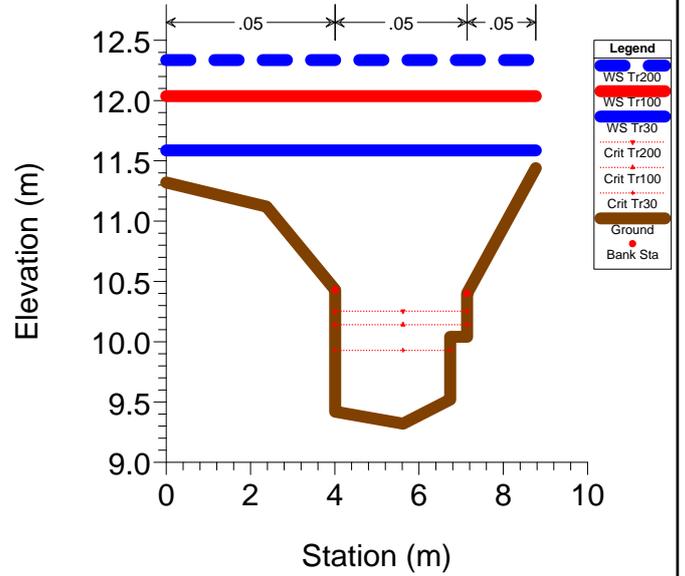
### RS = 22.5 BR



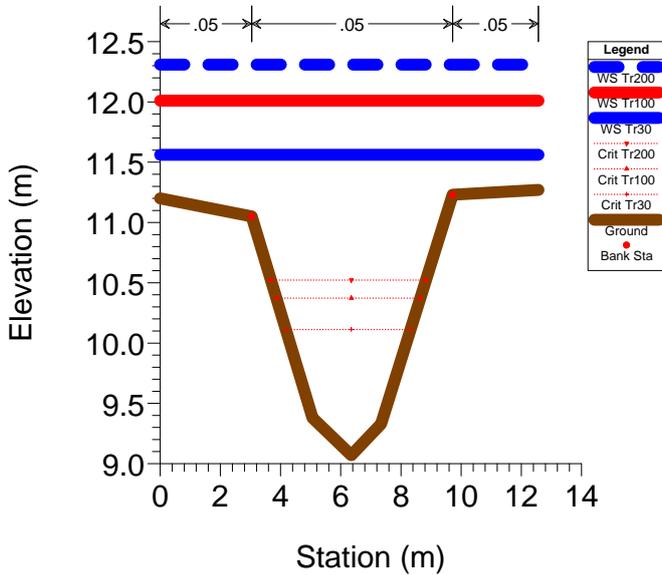
### RS = 22.5 BR



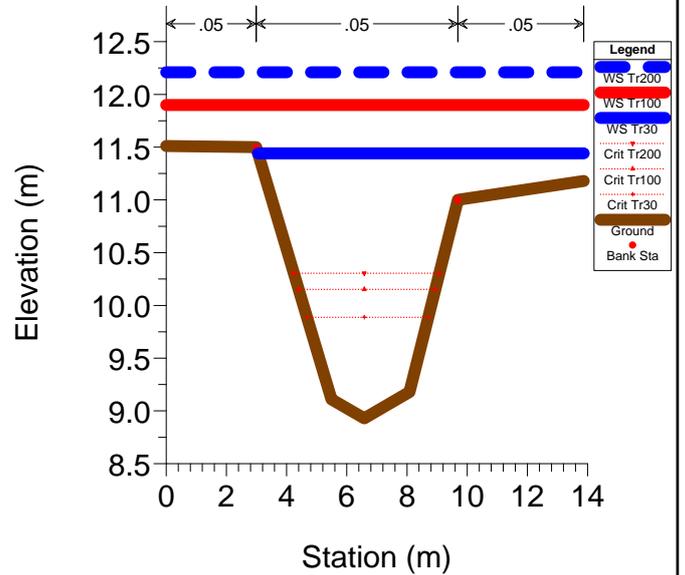
### RS = 22



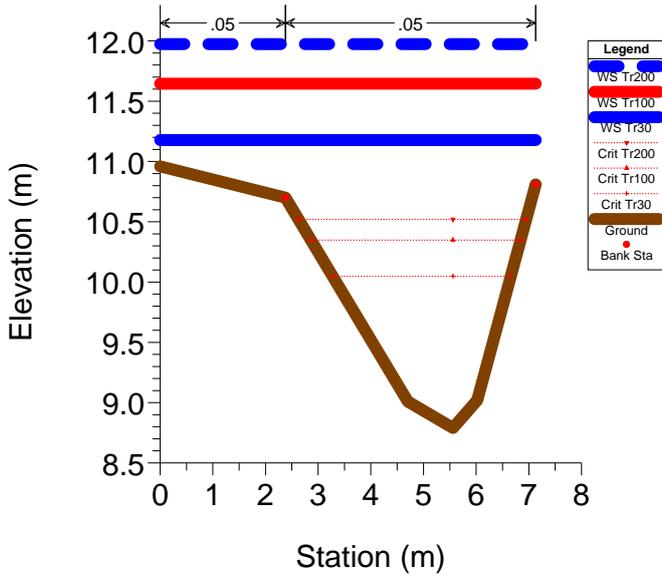
### RS = 21



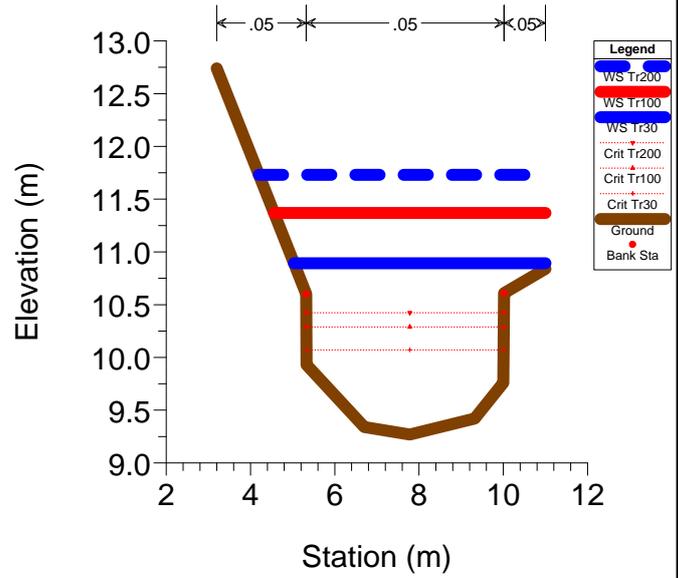
### RS = 20



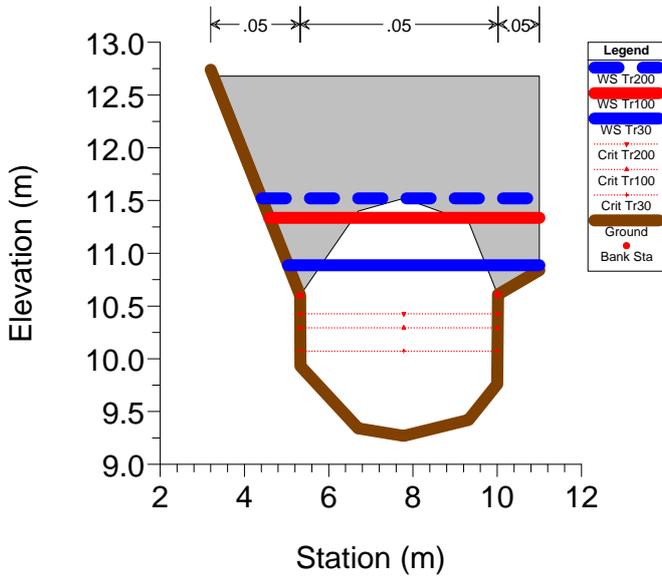
### RS = 19



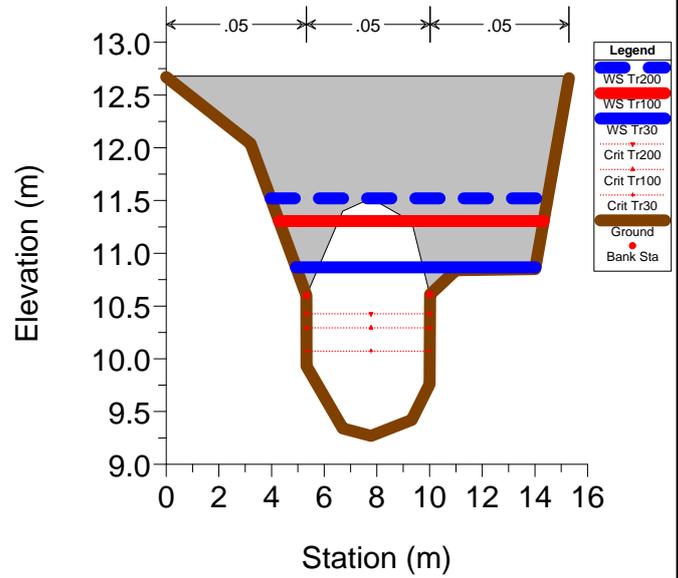
### RS = 18 Ferrovia LU-PT\_FI



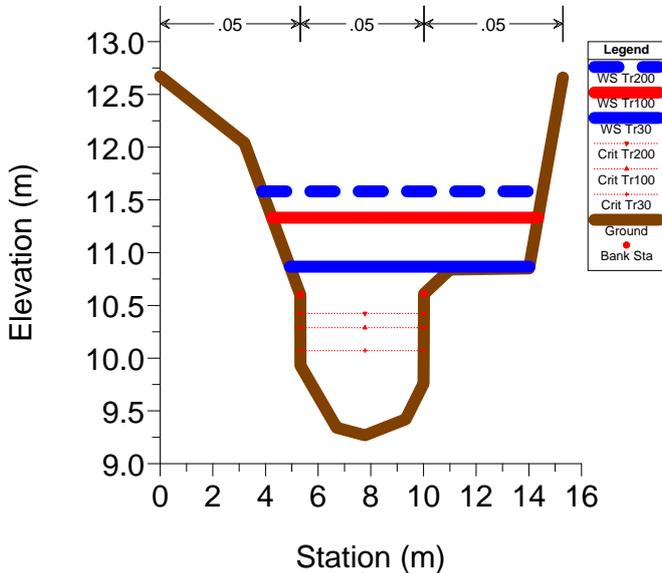
### RS = 17.5 BR ferrovia Lu-Pt



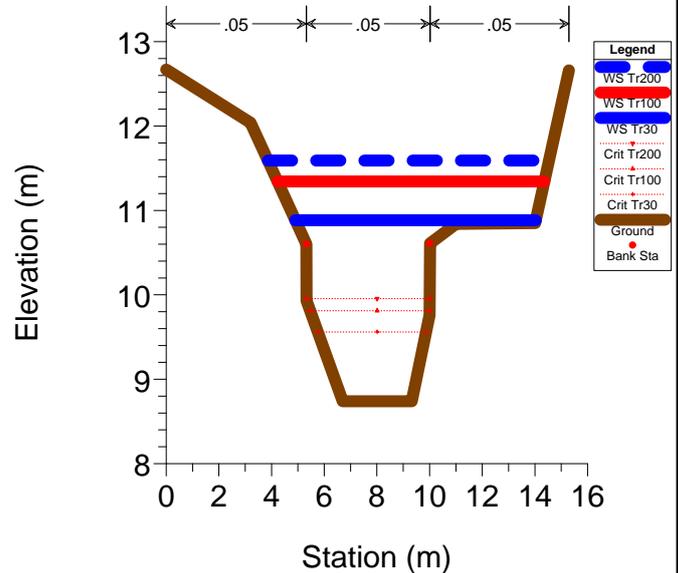
### RS = 17.5 BR ferrovia Lu-Pt



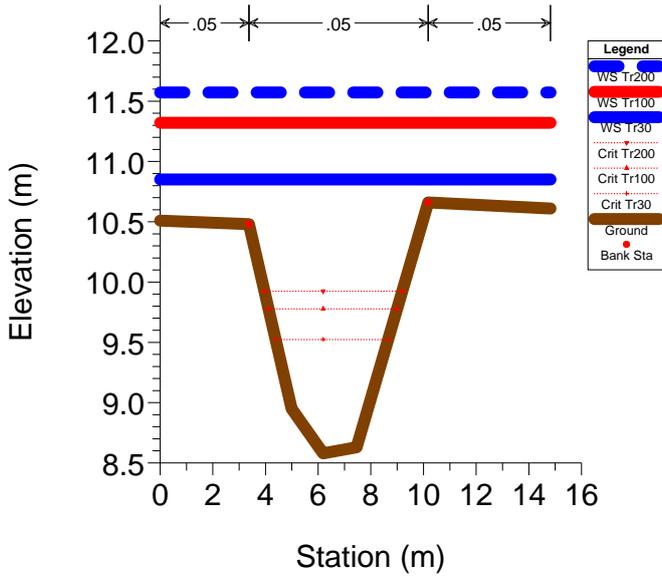
### RS = 17 Ferrovia LU-PT\_FI



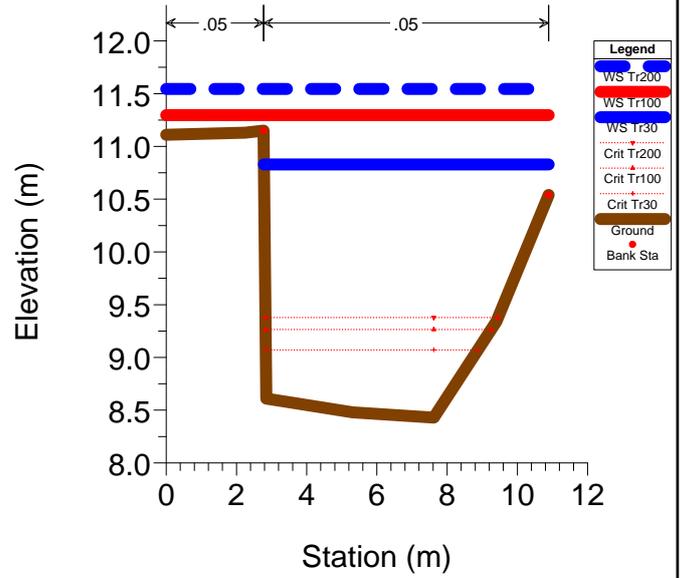
### RS = 16.9



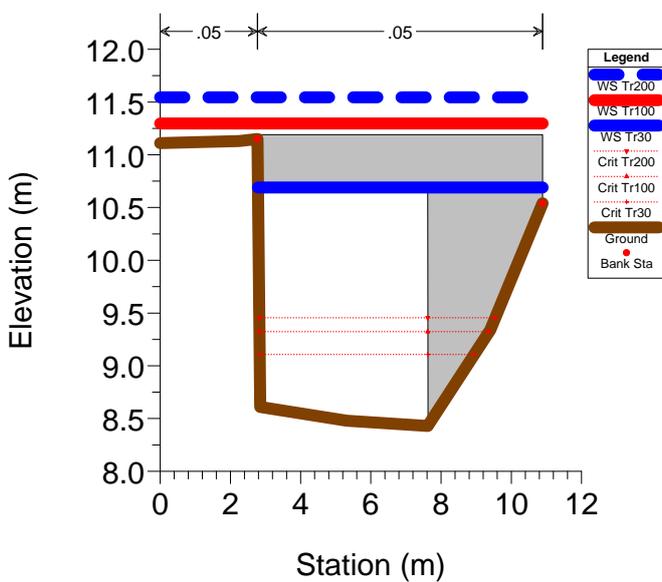
### RS = 16



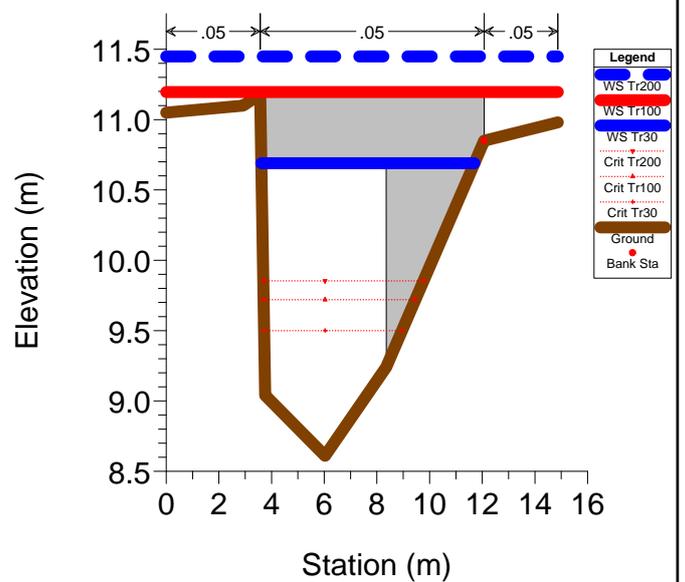
### RS = 15 Via dell'Arpino



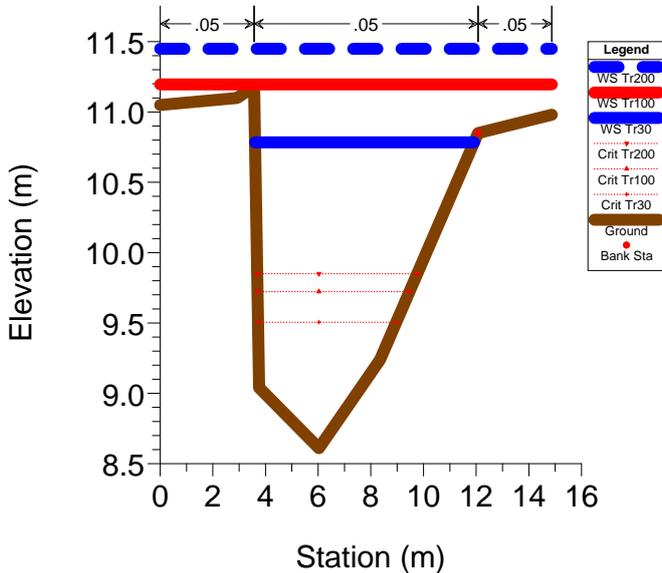
### RS = 14.5 BR Via dell'Arpino



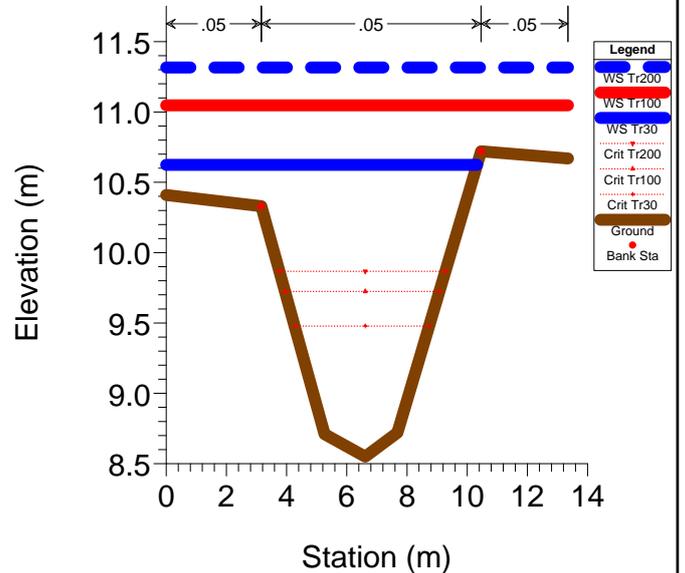
### RS = 14.5 BR Via dell'Arpino



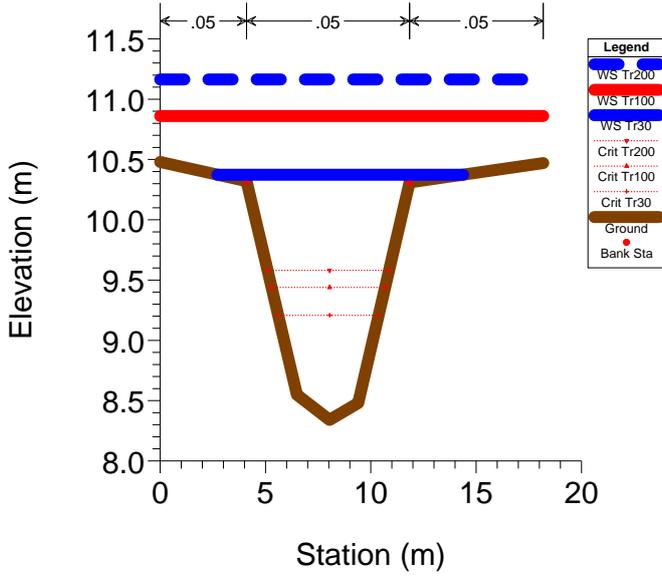
### RS = 14 Via dell'Arpino



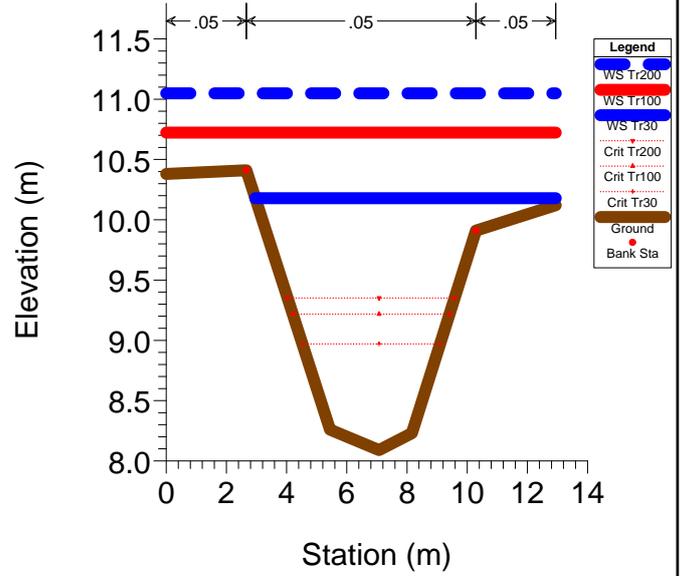
### RS = 13



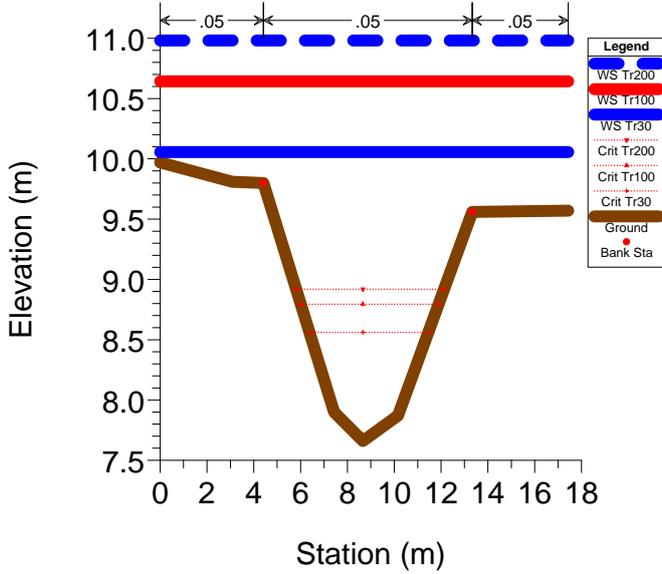
### RS = 12



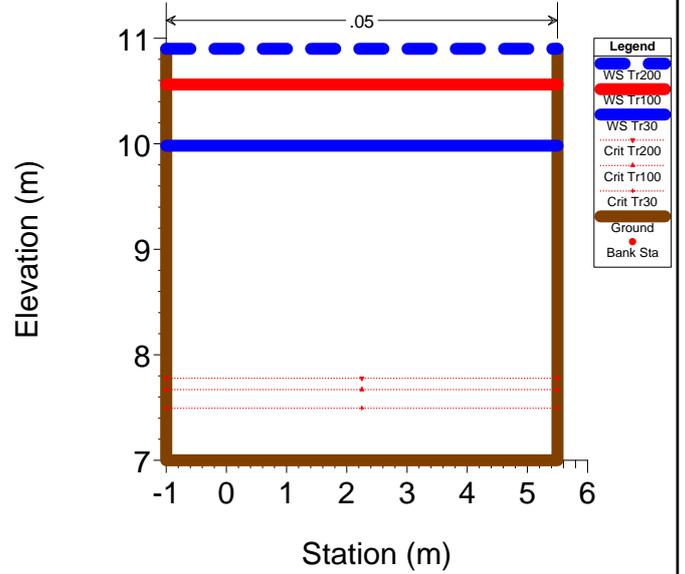
### RS = 11



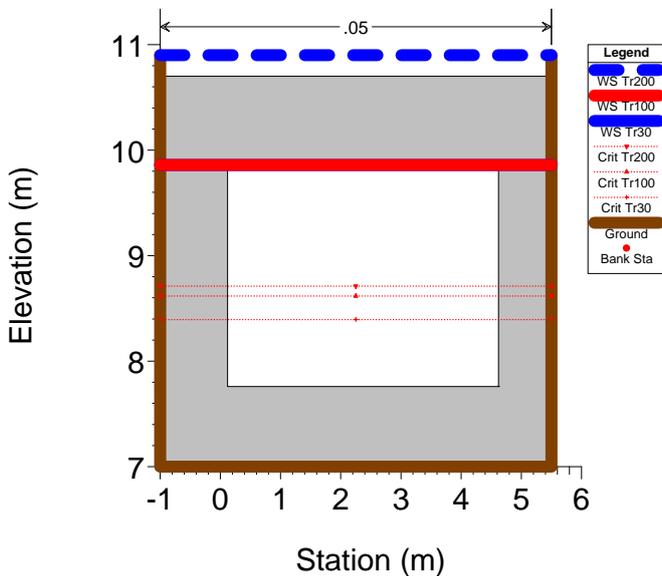
### RS = 10



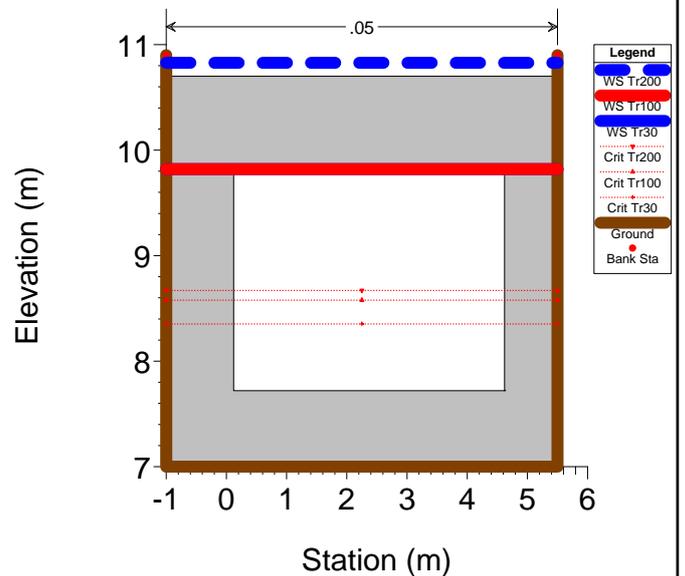
### RS = 9 Autostrada A11 Firenze-Mare



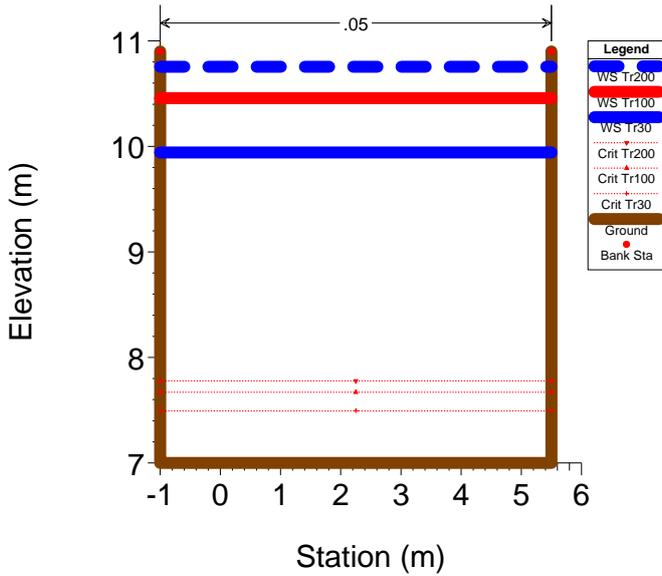
### RS = 8.5 Culv Autostrada



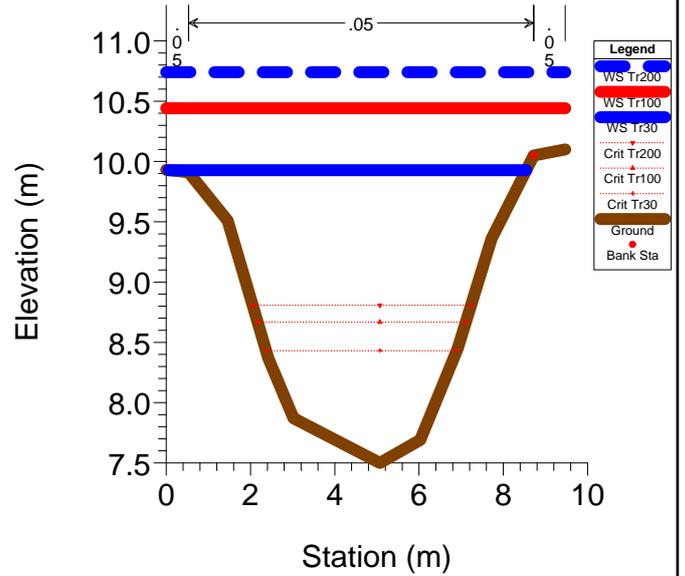
### RS = 8.5 Culv Autostrada



ARPINO Plan: progetto\_intermedio 29/06/2018  
**RS = 8 Autostrada A11 Firenze-Mare**

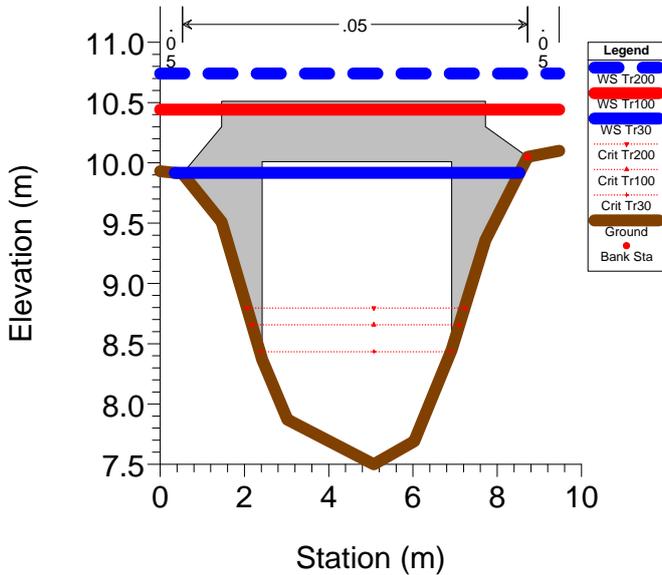


ARPINO Plan: progetto\_intermedio 29/06/2018  
**RS = 7**



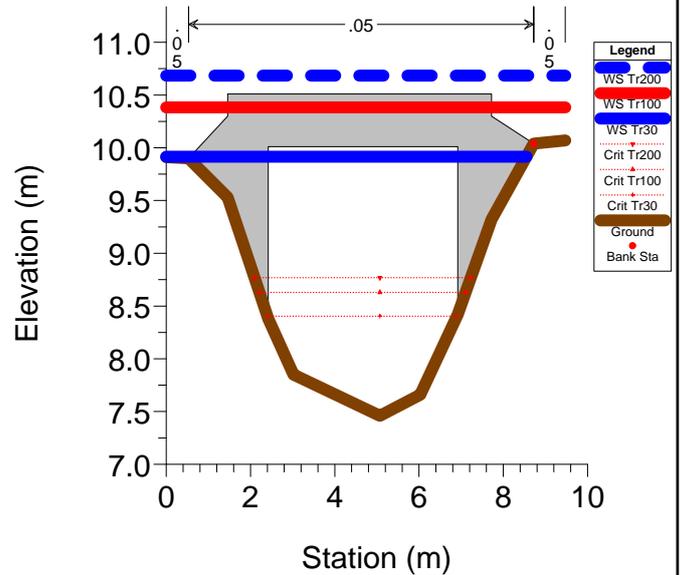
ARPINO Plan: progetto\_intermedio 29/06/2018

**RS = 6.5 BR**



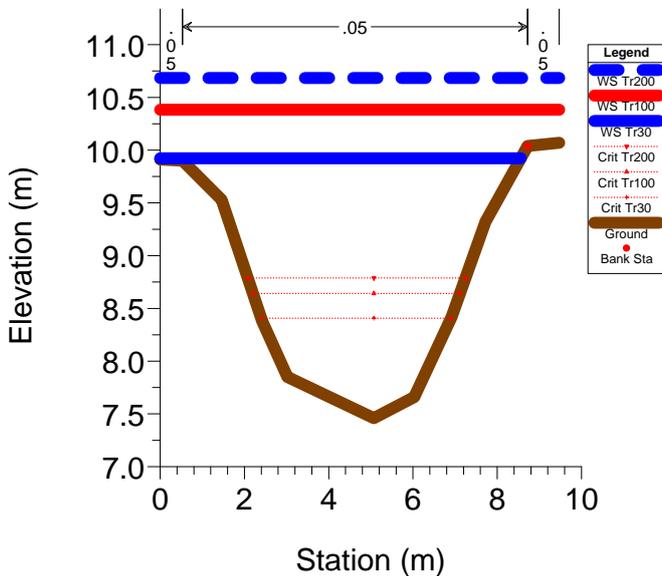
ARPINO Plan: progetto\_intermedio 29/06/2018

**RS = 6.5 BR**



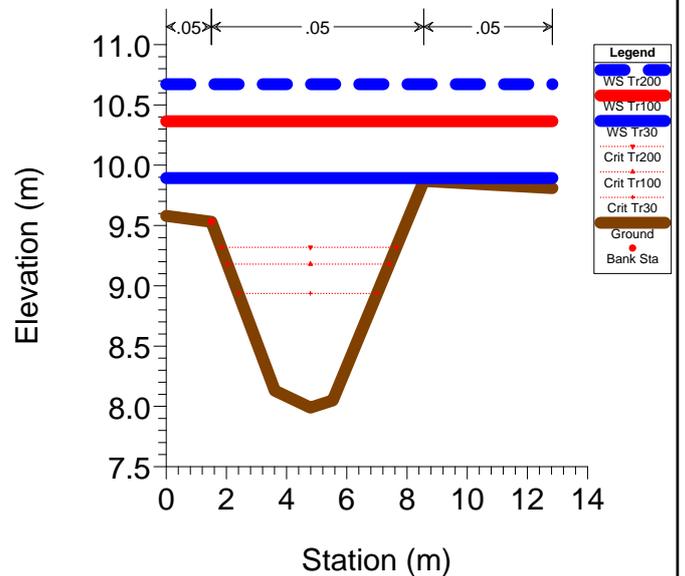
ARPINO Plan: progetto\_intermedio 29/06/2018

**RS = 6**

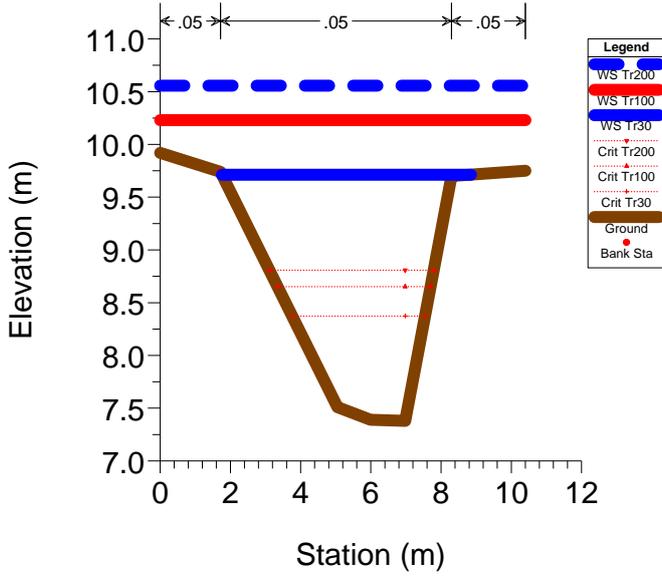


ARPINO Plan: progetto\_intermedio 29/06/2018

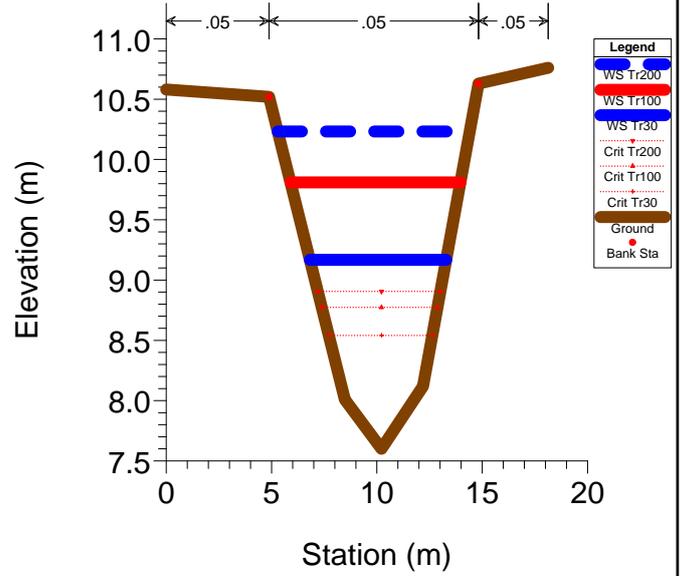
**RS = 5**



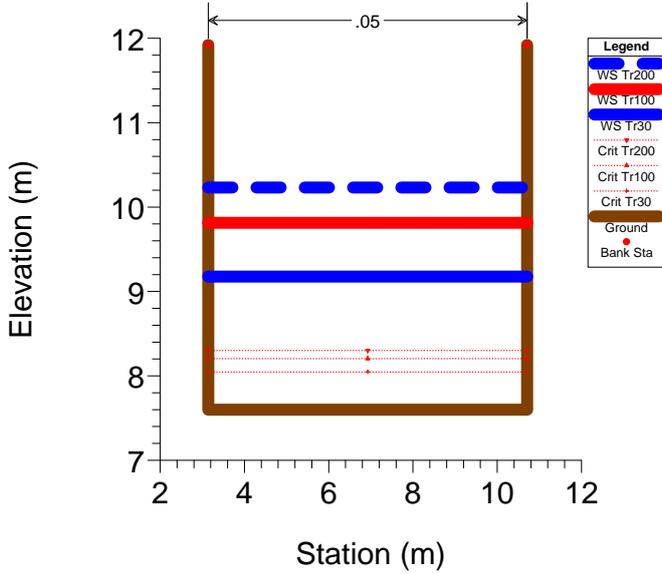
### RS = 4



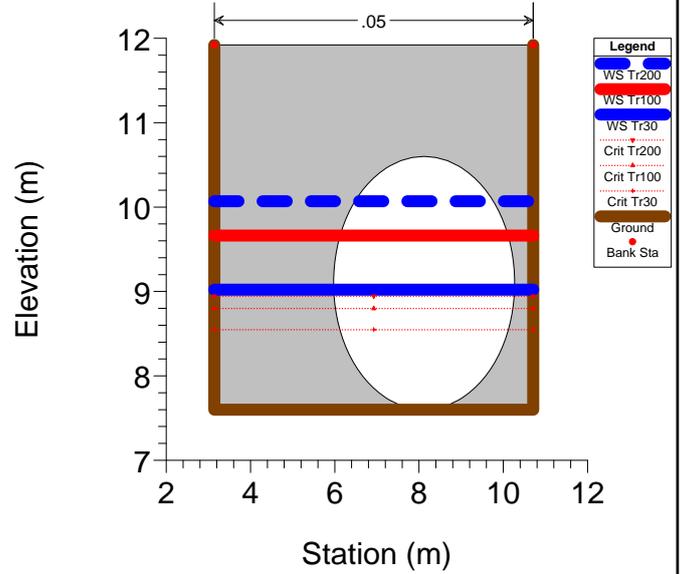
### RS = 3



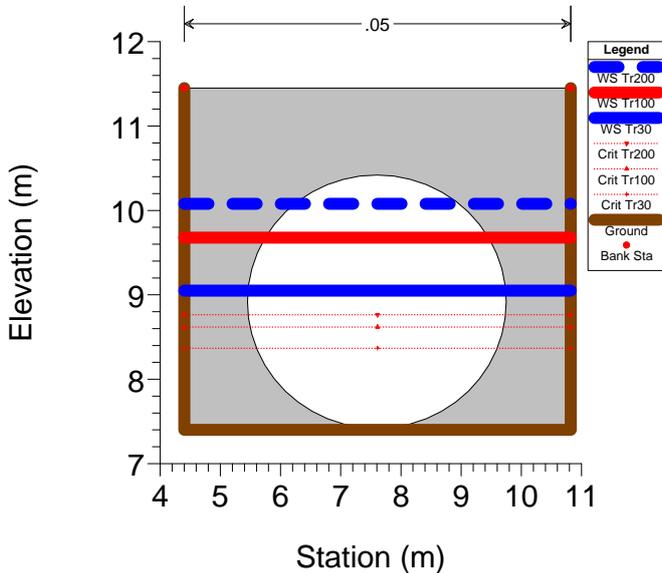
### RS = 2 Via lungo Rogio



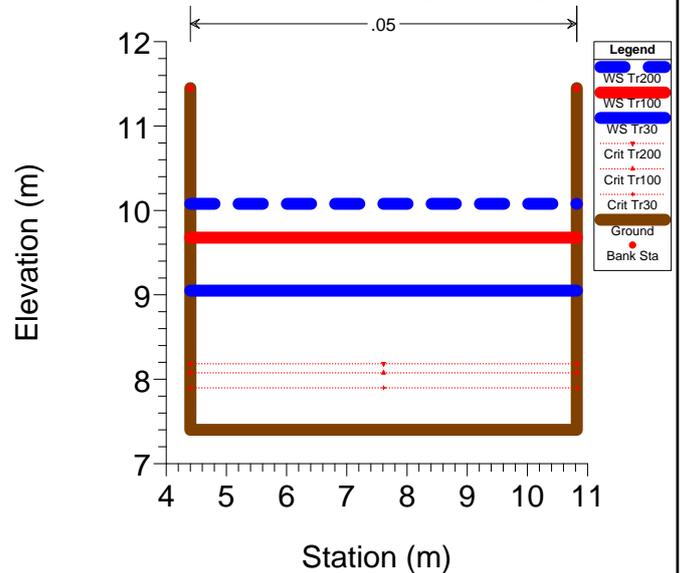
### RS = 1.5 Culv



### RS = 1.5 Culv



### RS = 1 Via lungo Rogio



HEC-RAS Plan: intermedio River: Arpino Reach: Arpino

| Reach  | River Sta | Q Total<br>(m3/s) | Min Ch El<br>(m) | W.S. Elev<br>(m) | Crit W.S.<br>(m) | E.G. Elev<br>(m) | E.G. Slope<br>(m/m) | Vel Chnl<br>(m/s) | Flow Area<br>(m2) | Top Width<br>(m) | Froude # Chl |
|--------|-----------|-------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|---------------------|-------------------|-------------------|------------------|--------------|
| Arpino | 31        | 3.40              | 10.83            | 12.50            | 11.75            | 12.53            | 0.001731            | 0.75              | 5.28              | 10.62            | 0.23         |
| Arpino | 31        | 5.40              | 10.83            | 12.71            | 11.97            | 12.74            | 0.001861            | 0.88              | 7.46              | 10.62            | 0.25         |
| Arpino | 31        | 6.80              | 10.83            | 12.90            | 12.10            | 12.93            | 0.001505            | 0.87              | 9.52              | 10.62            | 0.23         |
| Arpino | 30.5      | 3.40              | 10.72            | 12.47            | 11.64            | 12.49            | 0.001229            | 0.67              | 6.11              | 10.62            | 0.20         |
| Arpino | 30.5      | 5.40              | 10.72            | 12.67            | 11.86            | 12.70            | 0.001419            | 0.80              | 8.24              | 10.62            | 0.22         |
| Arpino | 30.5      | 6.80              | 10.72            | 12.87            | 11.98            | 12.90            | 0.001177            | 0.80              | 10.37             | 10.62            | 0.20         |
| Arpino | 30        | 3.40              | 10.62            | 12.45            | 11.55            | 12.46            | 0.000895            | 0.59              | 6.93              | 10.62            | 0.17         |
| Arpino | 30        | 5.40              | 10.62            | 12.64            | 11.76            | 12.67            | 0.001109            | 0.73              | 9.01              | 10.62            | 0.20         |
| Arpino | 30        | 6.80              | 10.62            | 12.85            | 11.89            | 12.87            | 0.000947            | 0.74              | 11.18             | 10.62            | 0.18         |
| Arpino | 29.5      | Culvert           |                  |                  |                  |                  |                     |                   |                   |                  |              |
| Arpino | 29        | 3.40              | 10.60            | 12.07            | 11.52            | 12.13            | 0.005182            | 1.09              | 3.11              | 3.56             | 0.37         |
| Arpino | 29        | 5.40              | 10.60            | 12.52            | 11.75            | 12.56            | 0.002607            | 0.97              | 6.59              | 10.62            | 0.28         |
| Arpino | 29        | 6.80              | 10.60            | 12.81            | 11.88            | 12.84            | 0.001464            | 0.84              | 9.75              | 10.62            | 0.22         |
| Arpino | 28        | 3.40              | 10.46            | 12.01            | 11.37            | 12.04            | 0.001864            | 0.77              | 5.05              | 7.44             | 0.23         |
| Arpino | 28        | 5.40              | 10.46            | 12.48            | 11.62            | 12.51            | 0.001060            | 0.74              | 8.58              | 7.44             | 0.19         |
| Arpino | 28        | 6.80              | 10.46            | 12.79            | 11.71            | 12.81            | 0.000850            | 0.74              | 10.83             | 7.44             | 0.17         |
| Arpino | 27.6      | 3.40              | 10.30            | 11.96            | 11.21            | 11.98            | 0.001255            | 0.67              | 5.85              | 7.44             | 0.20         |
| Arpino | 27.6      | 5.40              | 10.30            | 12.45            | 11.46            | 12.47            | 0.000778            | 0.67              | 9.53              | 7.44             | 0.16         |
| Arpino | 27.6      | 6.80              | 10.30            | 12.76            | 11.55            | 12.78            | 0.000656            | 0.68              | 11.83             | 7.44             | 0.15         |
| Arpino | 27.5      | 3.40              | 10.15            | 11.92            | 11.06            | 11.94            | 0.000858            | 0.59              | 6.70              | 7.44             | 0.16         |
| Arpino | 27.5      | 5.40              | 10.15            | 12.43            | 11.31            | 12.44            | 0.000590            | 0.61              | 10.48             | 7.44             | 0.14         |
| Arpino | 27.5      | 6.80              | 10.15            | 12.74            | 11.40            | 12.76            | 0.000521            | 0.63              | 12.79             | 7.44             | 0.14         |
| Arpino | 27.4      | 3.40              | 9.99             | 11.90            | 10.89            | 11.91            | 0.000572            | 0.51              | 7.71              | 7.44             | 0.14         |
| Arpino | 27.4      | 5.40              | 9.99             | 12.41            | 11.15            | 12.42            | 0.000445            | 0.56              | 11.54             | 7.44             | 0.13         |
| Arpino | 27.4      | 6.80              | 9.99             | 12.72            | 11.24            | 12.74            | 0.000411            | 0.59              | 13.86             | 7.44             | 0.12         |
| Arpino | 27        | 3.40              | 9.85             | 11.83            | 10.63            | 11.87            | 0.002683            | 0.83              | 4.08              | 2.49             | 0.21         |
| Arpino | 27        | 5.40              | 9.85             | 12.34            | 10.87            | 12.39            | 0.002909            | 0.98              | 5.71              | 3.37             | 0.22         |
| Arpino | 27        | 6.80              | 9.85             | 12.65            | 11.02            | 12.70            | 0.002955            | 1.05              | 6.76              | 3.44             | 0.22         |
| Arpino | 26        | 3.40              | 9.87             | 11.85            | 10.15            | 11.85            | 0.000054            | 0.18              | 18.40             | 11.56            | 0.05         |
| Arpino | 26        | 5.40              | 9.87             | 12.37            | 10.25            | 12.37            | 0.000060            | 0.22              | 24.67             | 12.75            | 0.05         |
| Arpino | 26        | 6.80              | 9.87             | 12.68            | 10.32            | 12.68            | 0.000062            | 0.24              | 28.78             | 13.47            | 0.05         |
| Arpino | 25.5      | Culvert           |                  |                  |                  |                  |                     |                   |                   |                  |              |
| Arpino | 25.1      | 3.40              | 9.80             | 11.85            | 10.08            | 11.85            | 0.000048            | 0.18              | 19.08             | 11.61            | 0.04         |
| Arpino | 25.1      | 5.40              | 9.80             | 12.36            | 10.18            | 12.37            | 0.000055            | 0.21              | 25.32             | 12.76            | 0.05         |
| Arpino | 25.1      | 6.80              | 9.80             | 12.67            | 10.25            | 12.67            | 0.000058            | 0.23              | 29.36             | 13.45            | 0.05         |
| Arpino | 25        | 3.40              | 9.87             | 11.83            | 10.55            | 11.85            | 0.001527            | 0.67              | 5.04              | 2.86             | 0.16         |
| Arpino | 25        | 5.40              | 9.87             | 12.33            | 10.75            | 12.36            | 0.002041            | 0.83              | 6.47              | 2.86             | 0.18         |
| Arpino | 25        | 6.80              | 9.87             | 12.63            | 10.89            | 12.67            | 0.002165            | 0.92              | 7.53              | 4.61             | 0.18         |
| Arpino | 24.5      | 3.40              | 9.74             | 11.69            | 10.42            | 11.71            | 0.001544            | 0.68              | 5.02              | 2.86             | 0.16         |
| Arpino | 24.5      | 5.40              | 9.74             | 12.14            | 10.62            | 12.17            | 0.002186            | 0.86              | 6.30              | 2.86             | 0.18         |
| Arpino | 24.5      | 6.80              | 9.74             | 12.42            | 10.76            | 12.47            | 0.002420            | 0.95              | 7.19              | 4.01             | 0.19         |
| Arpino | 24        | 3.40              | 9.62             | 11.64            | 10.34            | 11.64            | 0.000397            | 0.42              | 8.81              | 12.49            | 0.12         |
| Arpino | 24        | 5.40              | 9.62             | 12.08            | 10.53            | 12.09            | 0.000283            | 0.43              | 14.42             | 12.49            | 0.10         |
| Arpino | 24        | 6.80              | 9.62             | 12.38            | 10.64            | 12.39            | 0.000234            | 0.43              | 18.11             | 12.49            | 0.10         |
| Arpino | 23        | 3.40              | 9.32             | 11.60            | 9.83             | 11.60            | 0.000155            | 0.30              | 12.38             | 8.77             | 0.07         |
| Arpino | 23        | 5.40              | 9.32             | 12.05            | 9.97             | 12.06            | 0.000186            | 0.36              | 16.34             | 8.77             | 0.07         |
| Arpino | 23        | 6.80              | 9.32             | 12.35            | 10.05            | 12.35            | 0.000196            | 0.39              | 18.94             | 8.77             | 0.07         |
| Arpino | 22.5      | Bridge            |                  |                  |                  |                  |                     |                   |                   |                  |              |
| Arpino | 22        | 3.40              | 9.32             | 11.59            | 9.93             | 11.59            | 0.000288            | 0.41              | 9.90              | 8.77             | 0.09         |
| Arpino | 22        | 5.40              | 9.32             | 12.04            | 10.14            | 12.05            | 0.000288            | 0.46              | 13.85             | 8.77             | 0.09         |
| Arpino | 22        | 6.80              | 9.32             | 12.34            | 10.25            | 12.35            | 0.000278            | 0.49              | 16.47             | 8.77             | 0.09         |
| Arpino | 21        | 7.10              | 9.07             | 11.56            | 10.11            | 11.58            | 0.000566            | 0.59              | 13.34             | 12.57            | 0.15         |
| Arpino | 21        | 11.20             | 9.07             | 12.01            | 10.37            | 12.03            | 0.000533            | 0.67              | 18.98             | 12.57            | 0.15         |
| Arpino | 21        | 14.00             | 9.07             | 12.31            | 10.52            | 12.33            | 0.000494            | 0.71              | 22.73             | 12.57            | 0.15         |

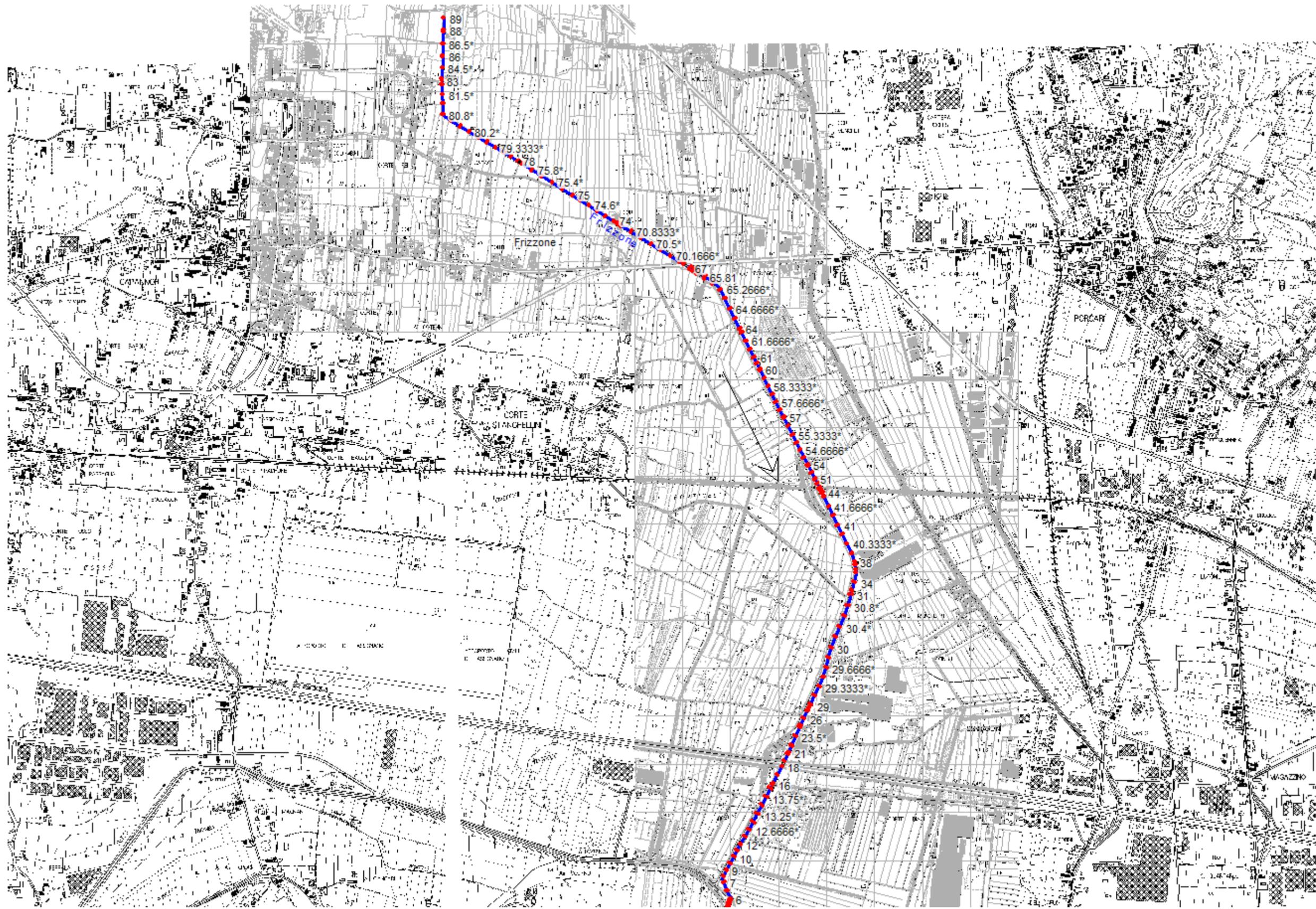
HEC-RAS Plan: intermedio River: Arpino Reach: Arpino (Continued)

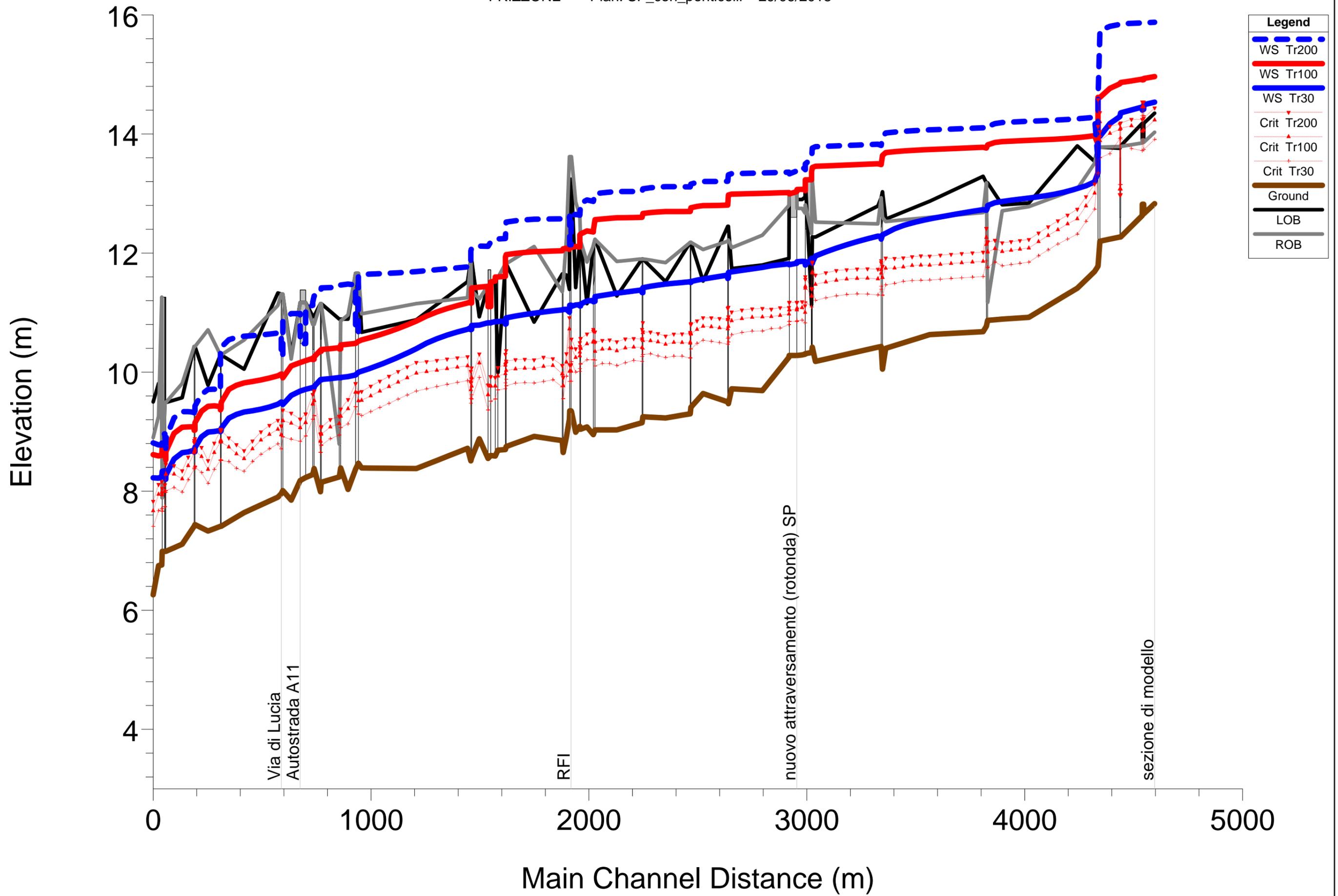
| Reach  | River Sta | Q Total<br>(m3/s) | Min Ch El<br>(m) | W.S. Elev<br>(m) | Crit W.S.<br>(m) | E.G. Elev<br>(m) | E.G. Slope<br>(m/m) | Vel Chnl<br>(m/s) | Flow Area<br>(m2) | Top Width<br>(m) | Froude # Chl |
|--------|-----------|-------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|---------------------|-------------------|-------------------|------------------|--------------|
| Arpino | 20        | 7.10              | 8.93             | 11.44            | 9.89             | 11.46            | 0.000616            | 0.60              | 12.70             | 10.82            | 0.15         |
| Arpino | 20        | 11.20             | 8.93             | 11.90            | 10.15            | 11.92            | 0.000571            | 0.68              | 18.87             | 13.87            | 0.15         |
| Arpino | 20        | 14.00             | 8.93             | 12.21            | 10.31            | 12.23            | 0.000505            | 0.70              | 23.17             | 13.87            | 0.14         |
| Arpino | 19        | 7.10              | 8.79             | 11.18            | 10.05            | 11.22            | 0.001791            | 0.91              | 8.30              | 7.13             | 0.23         |
| Arpino | 19        | 11.20             | 8.79             | 11.65            | 10.35            | 11.70            | 0.001790            | 1.03              | 11.64             | 7.13             | 0.23         |
| Arpino | 19        | 14.00             | 8.79             | 11.97            | 10.52            | 12.03            | 0.001688            | 1.07              | 13.97             | 7.13             | 0.22         |
| Arpino | 18        | 7.10              | 9.27             | 10.89            | 10.07            | 10.95            | 0.002563            | 1.05              | 6.93              | 5.97             | 0.28         |
| Arpino | 18        | 11.20             | 9.27             | 11.37            | 10.29            | 11.44            | 0.002293            | 1.20              | 9.89              | 6.44             | 0.28         |
| Arpino | 18        | 14.00             | 9.27             | 11.73            | 10.42            | 11.81            | 0.001923            | 1.23              | 12.28             | 6.80             | 0.26         |
| Arpino | 17.5      | Bridge            |                  |                  |                  |                  |                     |                   |                   |                  |              |
| Arpino | 17        | 7.10              | 9.27             | 10.87            | 10.07            | 10.92            | 0.002742            | 1.07              | 6.86              | 9.09             | 0.29         |
| Arpino | 17        | 11.20             | 9.27             | 11.33            | 10.29            | 11.39            | 0.002068            | 1.12              | 11.32             | 10.11            | 0.26         |
| Arpino | 17        | 14.00             | 9.27             | 11.58            | 10.42            | 11.64            | 0.001862            | 1.16              | 13.91             | 10.65            | 0.25         |
| Arpino | 16.9      | 7.10              | 8.74             | 10.88            | 9.56             | 10.92            | 0.001195            | 0.80              | 9.20              | 9.13             | 0.18         |
| Arpino | 16.9      | 11.20             | 8.74             | 11.34            | 9.81             | 11.38            | 0.001194            | 0.92              | 13.63             | 10.13            | 0.19         |
| Arpino | 16.9      | 14.00             | 8.74             | 11.59            | 9.96             | 11.64            | 0.001192            | 0.98              | 16.21             | 10.67            | 0.19         |
| Arpino | 16        | 7.10              | 8.58             | 10.85            | 9.52             | 10.87            | 0.000712            | 0.63              | 12.68             | 14.82            | 0.16         |
| Arpino | 16        | 11.20             | 8.58             | 11.32            | 9.78             | 11.34            | 0.000558            | 0.67              | 19.65             | 14.82            | 0.15         |
| Arpino | 16        | 14.00             | 8.58             | 11.57            | 9.92             | 11.59            | 0.000532            | 0.70              | 23.37             | 14.82            | 0.15         |
| Arpino | 15        | 7.10              | 8.43             | 10.83            | 9.07             | 10.84            | 0.000308            | 0.44              | 15.97             | 8.11             | 0.10         |
| Arpino | 15        | 11.20             | 8.43             | 11.30            | 9.26             | 11.31            | 0.000408            | 0.56              | 20.24             | 10.89            | 0.12         |
| Arpino | 15        | 14.00             | 8.43             | 11.54            | 9.38             | 11.56            | 0.000462            | 0.63              | 22.94             | 10.89            | 0.12         |
| Arpino | 14.5      | Bridge            |                  |                  |                  |                  |                     |                   |                   |                  |              |
| Arpino | 14        | 7.10              | 8.61             | 10.78            | 9.50             | 10.80            | 0.000794            | 0.61              | 11.65             | 8.31             | 0.16         |
| Arpino | 14        | 11.20             | 8.61             | 11.20            | 9.72             | 11.22            | 0.000848            | 0.72              | 16.31             | 14.87            | 0.17         |
| Arpino | 14        | 14.00             | 8.61             | 11.45            | 9.85             | 11.48            | 0.000784            | 0.76              | 20.08             | 14.87            | 0.17         |
| Arpino | 13        | 7.10              | 8.55             | 10.62            | 9.48             | 10.65            | 0.001050            | 0.71              | 10.47             | 10.33            | 0.20         |
| Arpino | 13        | 11.20             | 8.55             | 11.05            | 9.72             | 11.08            | 0.000907            | 0.79              | 15.90             | 13.35            | 0.19         |
| Arpino | 13        | 14.00             | 8.55             | 11.32            | 9.87             | 11.35            | 0.000801            | 0.81              | 19.49             | 13.35            | 0.18         |
| Arpino | 12        | 7.10              | 8.34             | 10.37            | 9.21             | 10.40            | 0.000985            | 0.69              | 10.41             | 11.67            | 0.19         |
| Arpino | 12        | 11.20             | 8.34             | 10.86            | 9.44             | 10.88            | 0.000660            | 0.69              | 18.94             | 18.18            | 0.16         |
| Arpino | 12        | 14.00             | 8.34             | 11.16            | 9.58             | 11.18            | 0.000517            | 0.68              | 24.44             | 18.18            | 0.15         |
| Arpino | 11        | 7.10              | 8.09             | 10.18            | 8.97             | 10.20            | 0.000938            | 0.69              | 10.65             | 9.98             | 0.19         |
| Arpino | 11        | 11.20             | 8.09             | 10.72            | 9.22             | 10.75            | 0.000693            | 0.72              | 17.08             | 12.94            | 0.17         |
| Arpino | 11        | 14.00             | 8.09             | 11.05            | 9.35             | 11.07            | 0.000583            | 0.73              | 21.29             | 12.94            | 0.16         |
| Arpino | 10        | 7.10              | 7.66             | 10.06            | 8.56             | 10.07            | 0.000337            | 0.46              | 17.00             | 17.43            | 0.12         |
| Arpino | 10        | 11.20             | 7.66             | 10.64            | 8.80             | 10.65            | 0.000231            | 0.47              | 27.21             | 17.43            | 0.10         |
| Arpino | 10        | 14.00             | 7.66             | 10.98            | 8.92             | 10.99            | 0.000203            | 0.49              | 33.12             | 17.43            | 0.10         |
| Arpino | 9         | 7.10              | 7.00             | 9.98             | 7.49             | 9.99             | 0.000186            | 0.37              | 19.38             | 6.50             | 0.07         |
| Arpino | 9         | 11.20             | 7.00             | 10.56            | 7.67             | 10.57            | 0.000289            | 0.48              | 23.15             | 6.50             | 0.08         |
| Arpino | 9         | 14.00             | 7.00             | 10.90            | 7.78             | 10.92            | 0.000355            | 0.55              | 25.35             | 6.50             | 0.09         |
| Arpino | 8.5       | Culvert           |                  |                  |                  |                  |                     |                   |                   |                  |              |
| Arpino | 8         | 7.10              | 7.00             | 9.94             | 7.49             | 9.95             | 0.000193            | 0.37              | 19.12             | 6.50             | 0.07         |
| Arpino | 8         | 11.20             | 7.00             | 10.46            | 7.67             | 10.47            | 0.000312            | 0.50              | 22.47             | 6.50             | 0.09         |
| Arpino | 8         | 14.00             | 7.00             | 10.76            | 7.78             | 10.77            | 0.000392            | 0.57              | 24.41             | 6.50             | 0.09         |
| Arpino | 7         | 7.10              | 7.50             | 9.93             | 8.43             | 9.95             | 0.000704            | 0.60              | 11.78             | 8.48             | 0.16         |
| Arpino | 7         | 11.20             | 7.50             | 10.44            | 8.67             | 10.47            | 0.000640            | 0.69              | 16.52             | 9.47             | 0.16         |
| Arpino | 7         | 14.00             | 7.50             | 10.74            | 8.81             | 10.77            | 0.000614            | 0.75              | 19.36             | 9.47             | 0.16         |
| Arpino | 6.5       | Bridge            |                  |                  |                  |                  |                     |                   |                   |                  |              |
| Arpino | 6         | 7.10              | 7.46             | 9.92             | 8.41             | 9.94             | 0.000686            | 0.60              | 11.90             | 8.56             | 0.16         |
| Arpino | 6         | 11.20             | 7.46             | 10.38            | 8.64             | 10.41            | 0.000688            | 0.71              | 16.16             | 9.47             | 0.16         |
| Arpino | 6         | 14.00             | 7.46             | 10.68            | 8.79             | 10.71            | 0.000652            | 0.76              | 19.01             | 9.47             | 0.16         |
| Arpino | 5         | 7.10              | 7.99             | 9.89             | 8.94             | 9.92             | 0.001455            | 0.80              | 9.35              | 12.83            | 0.23         |
| Arpino | 5         | 11.20             | 7.99             | 10.36            | 9.18             | 10.40            | 0.000994            | 0.82              | 15.40             | 12.83            | 0.20         |

HEC-RAS Plan: intermedio River: Arpino Reach: Arpino (Continued)

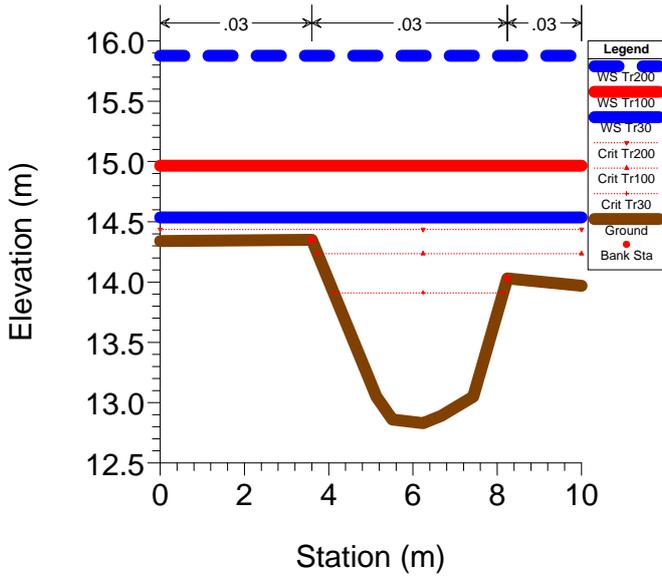
| Reach  | River Sta | Q Total<br>(m3/s) | Min Ch El<br>(m) | W.S. Elev<br>(m) | Crit W.S.<br>(m) | E.G. Elev<br>(m) | E.G. Slope<br>(m/m) | Vel Chnl<br>(m/s) | Flow Area<br>(m2) | Top Width<br>(m) | Froude # Chl |
|--------|-----------|-------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|---------------------|-------------------|-------------------|------------------|--------------|
| Arpino | 5         | 14.00             | 7.99             | 10.67            | 9.32             | 10.70            | 0.000806            | 0.83              | 19.35             | 12.83            | 0.19         |
| Arpino | 4         | 7.10              | 7.38             | 9.71             | 8.37             | 9.74             | 0.001173            | 0.74              | 9.61              | 7.09             | 0.19         |
| Arpino | 4         | 11.20             | 7.38             | 10.23            | 8.65             | 10.26            | 0.000965            | 0.82              | 14.75             | 10.40            | 0.19         |
| Arpino | 4         | 14.00             | 7.38             | 10.56            | 8.81             | 10.59            | 0.000841            | 0.85              | 18.15             | 10.40            | 0.18         |
| Arpino | 3         | 7.10              | 7.60             | 9.17             | 8.54             | 9.23             | 0.003556            | 1.10              | 6.48              | 6.47             | 0.35         |
| Arpino | 3         | 11.20             | 7.60             | 9.81             | 8.77             | 9.86             | 0.002014            | 1.00              | 11.15             | 8.06             | 0.27         |
| Arpino | 3         | 14.00             | 7.60             | 10.23            | 8.91             | 10.28            | 0.001473            | 0.95              | 14.77             | 9.11             | 0.24         |
| Arpino | 2         | 7.10              | 7.60             | 9.18             | 8.05             | 9.19             | 0.000768            | 0.60              | 11.93             | 7.57             | 0.15         |
| Arpino | 2         | 11.20             | 7.60             | 9.81             | 8.20             | 9.84             | 0.000716            | 0.67              | 16.75             | 7.57             | 0.14         |
| Arpino | 2         | 14.00             | 7.60             | 10.23            | 8.30             | 10.26            | 0.000687            | 0.70              | 19.92             | 7.57             | 0.14         |
| Arpino | 1.5       | Culvert           |                  |                  |                  |                  |                     |                   |                   |                  |              |
| Arpino | 1         | 7.10              | 7.40             | 9.05             | 7.90             | 9.07             | 0.001001            | 0.67              | 10.59             | 6.42             | 0.17         |
| Arpino | 1         | 11.20             | 7.40             | 9.68             | 8.08             | 9.71             | 0.001000            | 0.77              | 14.62             | 6.42             | 0.16         |
| Arpino | 1         | 14.00             | 7.40             | 10.08            | 8.18             | 10.11            | 0.001001            | 0.81              | 17.19             | 6.42             | 0.16         |

**RISULTATI DEI CALCOLO IDRAULICI  
MODELLO MONODIMENSIONALE  
RIO FRIZZONE  
CONFIGURAZIONE STATO DI FATTO – ANTE OPERAM**

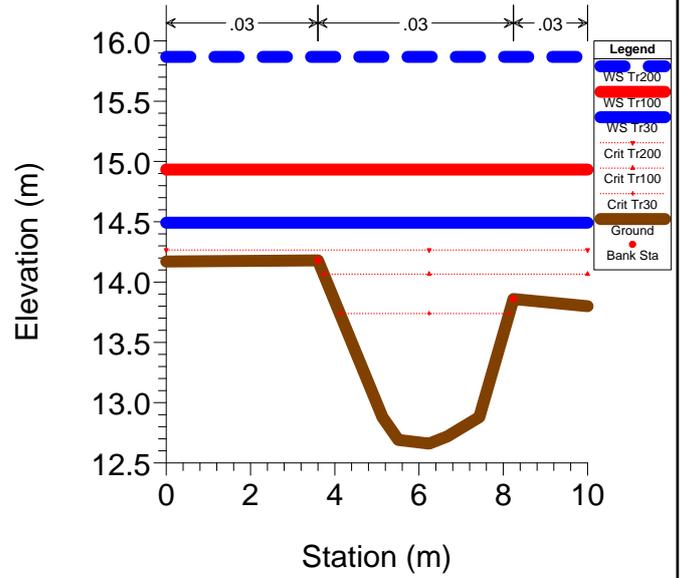




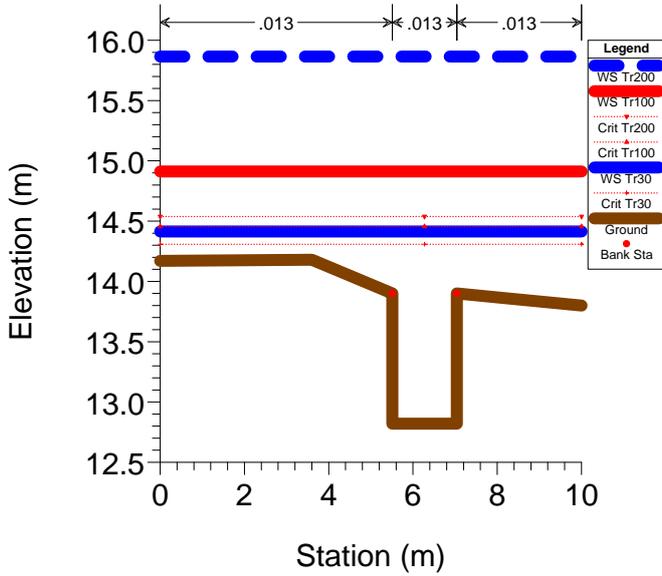
### RS = 89 sezione di modello



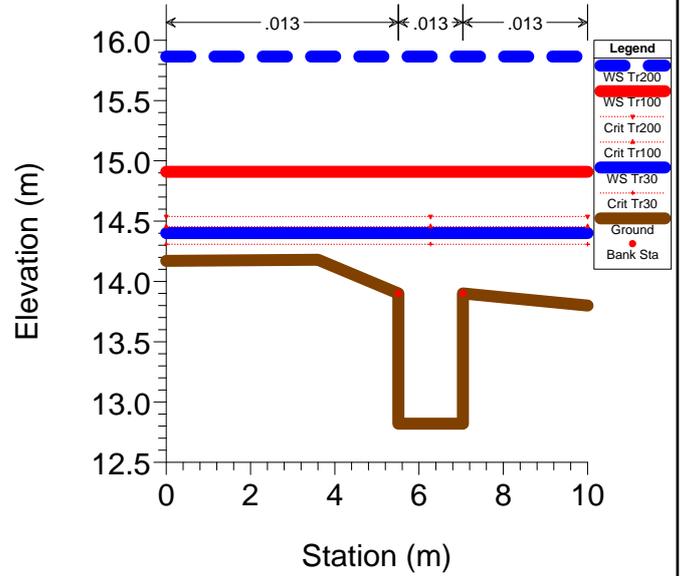
### RS = 88



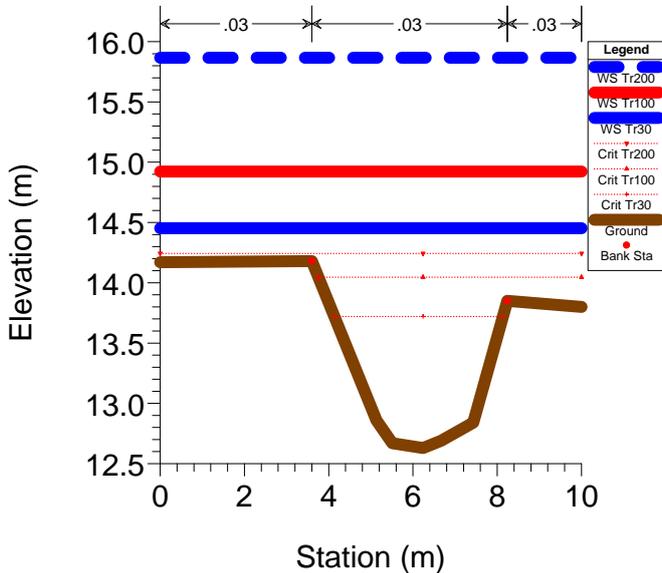
### RS = 87.8



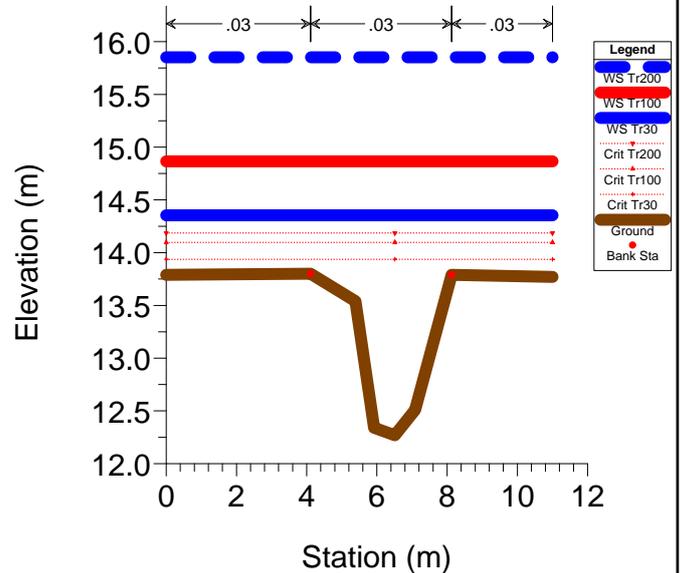
### RS = 87.2



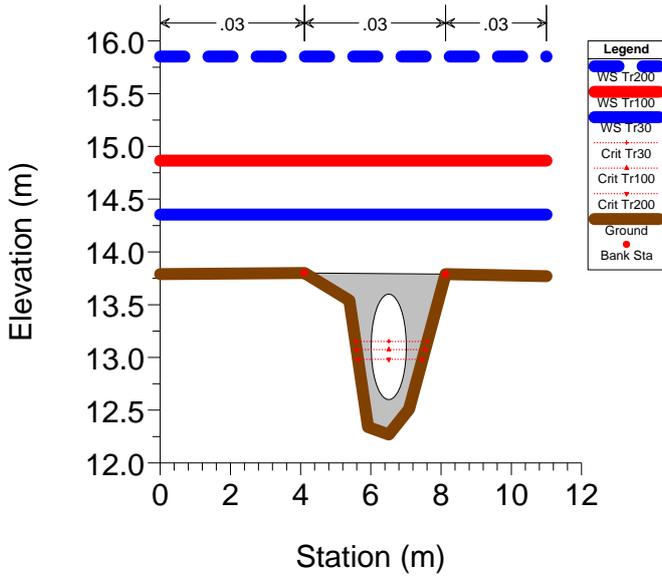
### RS = 87



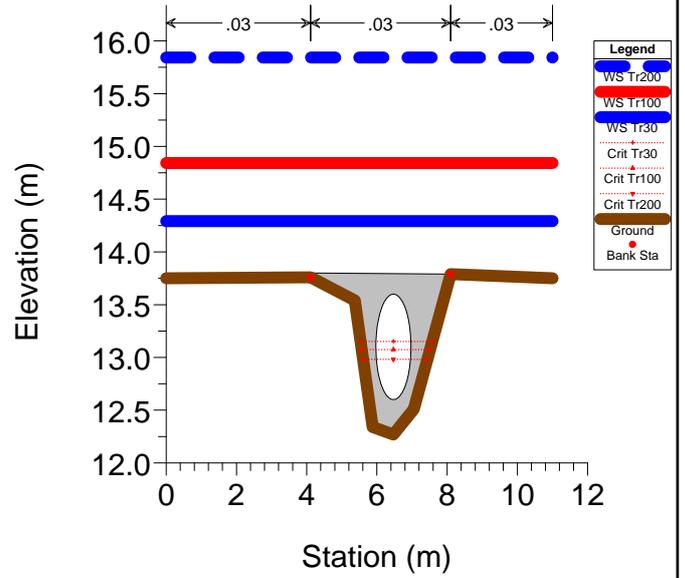
### RS = 86



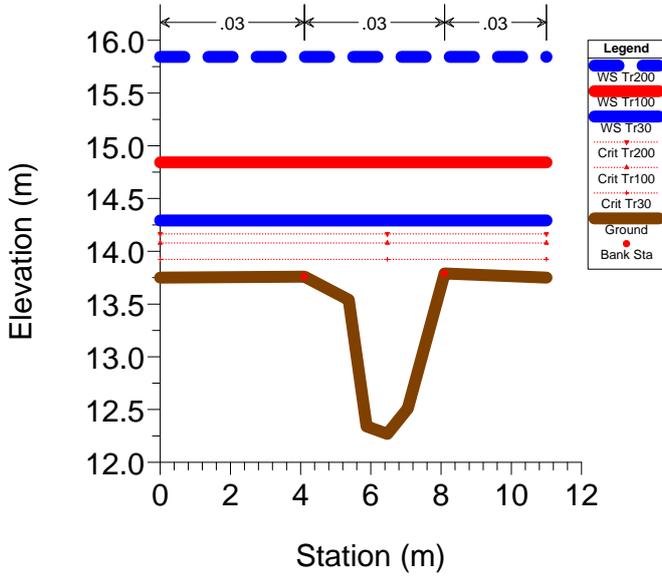
### RS = 85.5 Culv



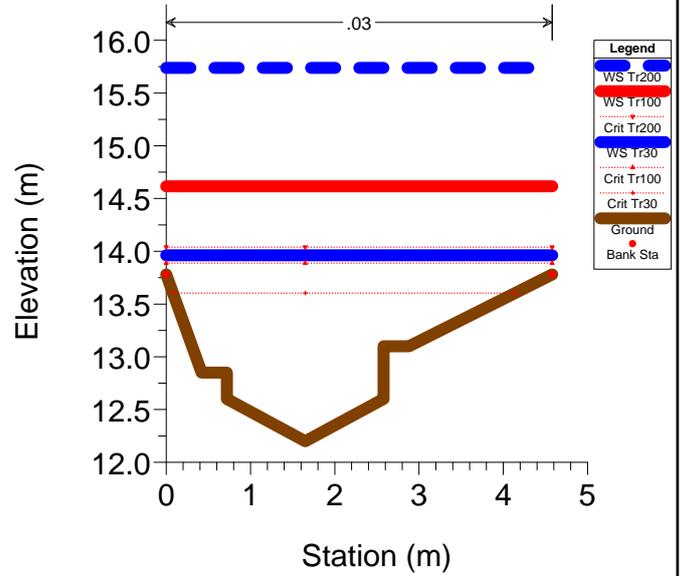
### RS = 85.5 Culv



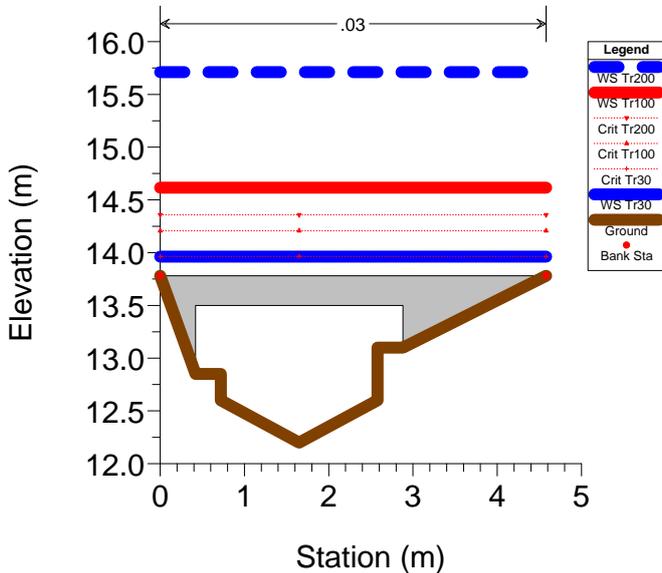
### RS = 85



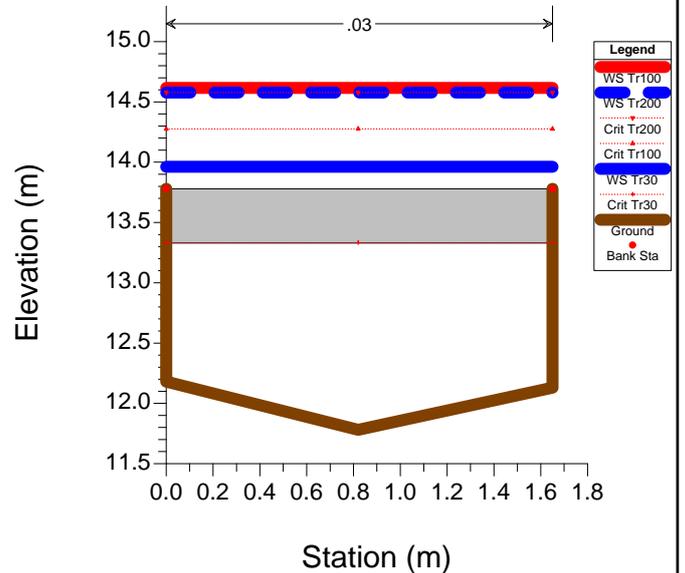
### RS = 84



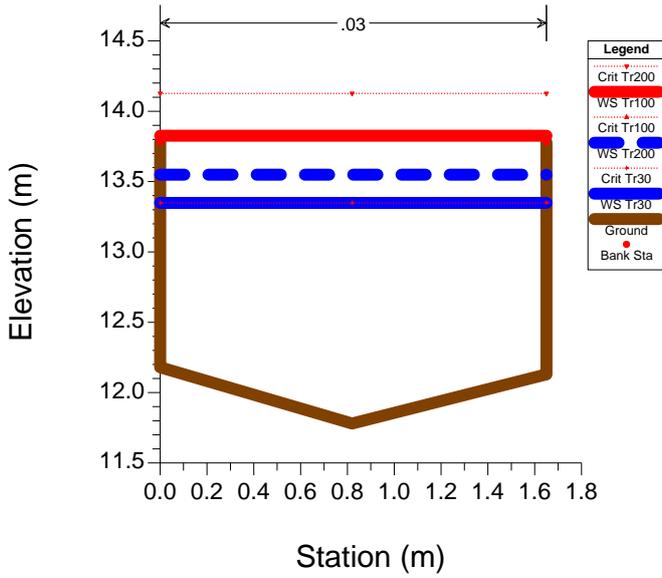
### RS = 83.5 BR



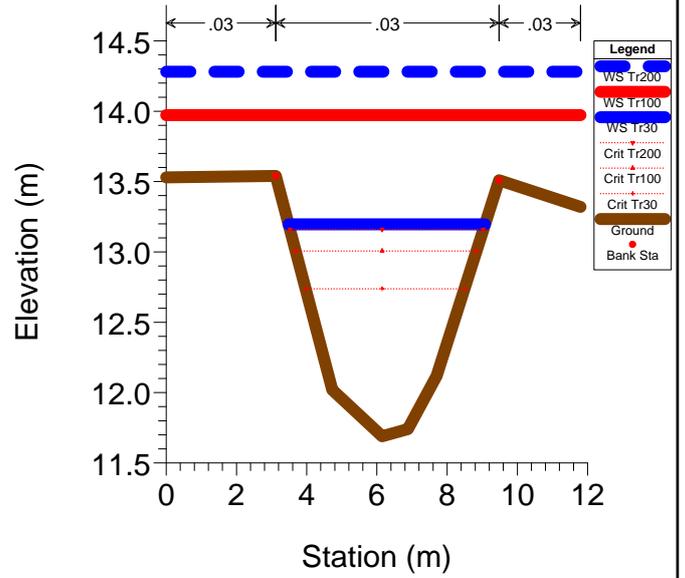
### RS = 83.5 BR



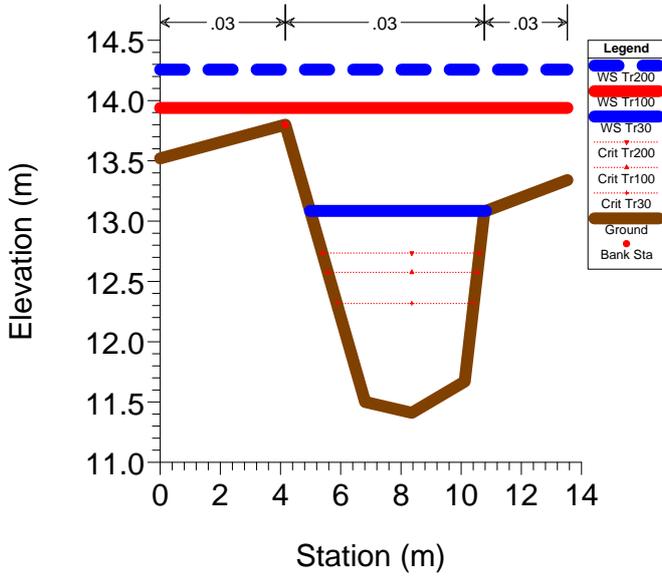
### RS = 83



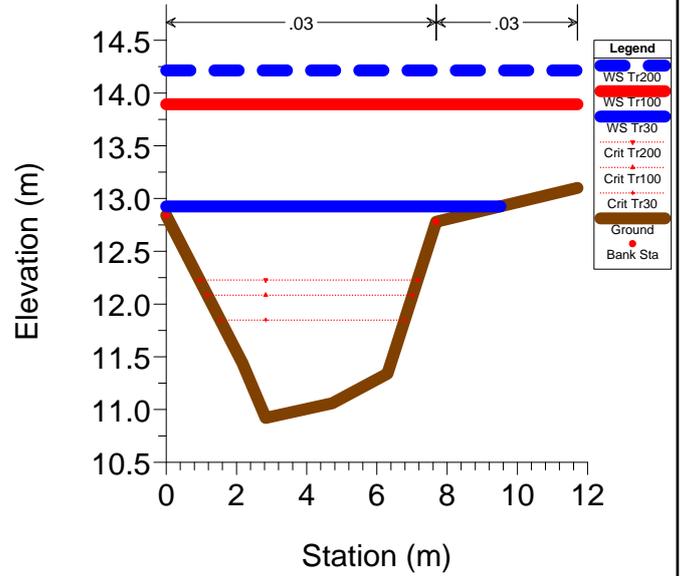
### RS = 82



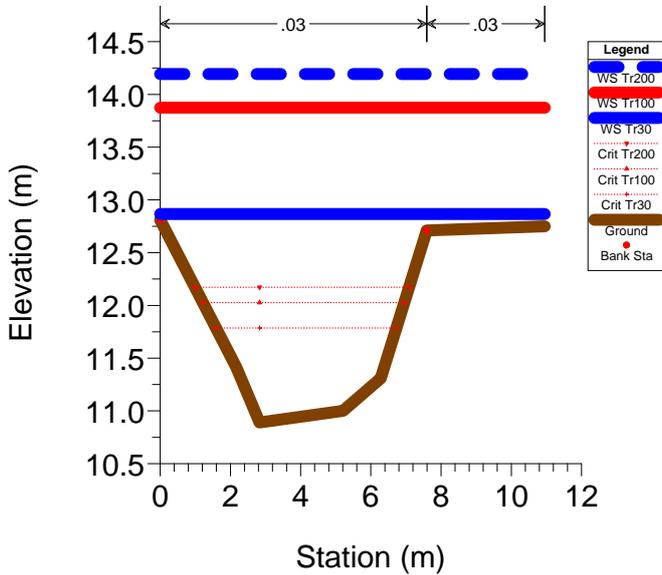
### RS = 81



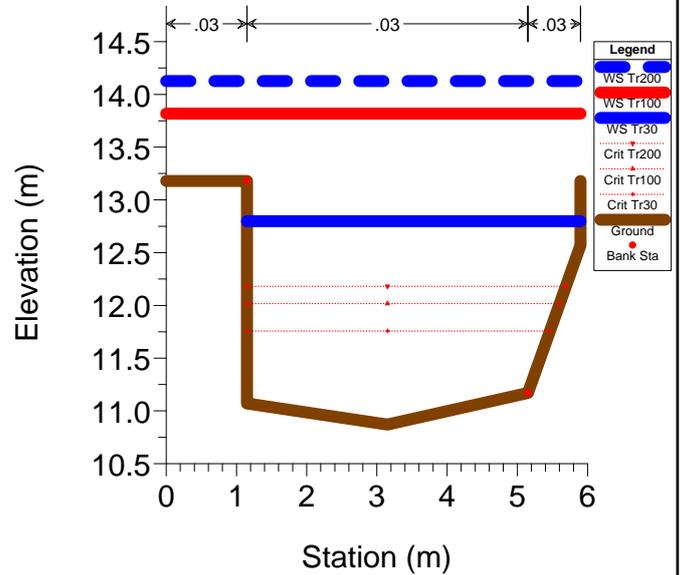
### RS = 80



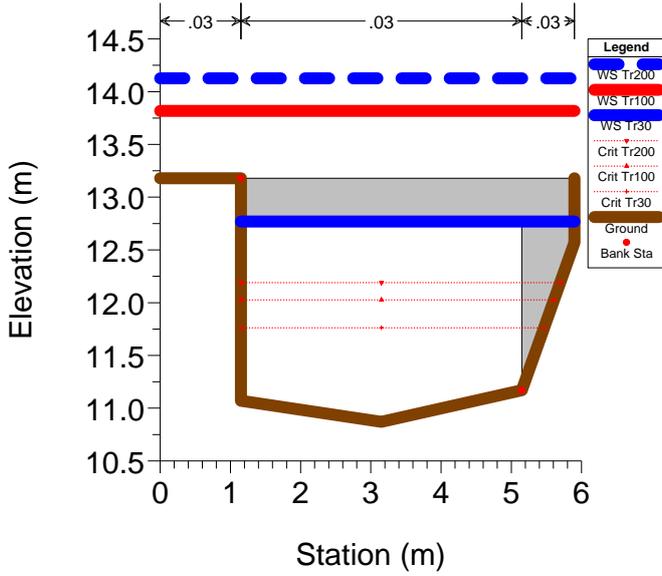
### RS = 79



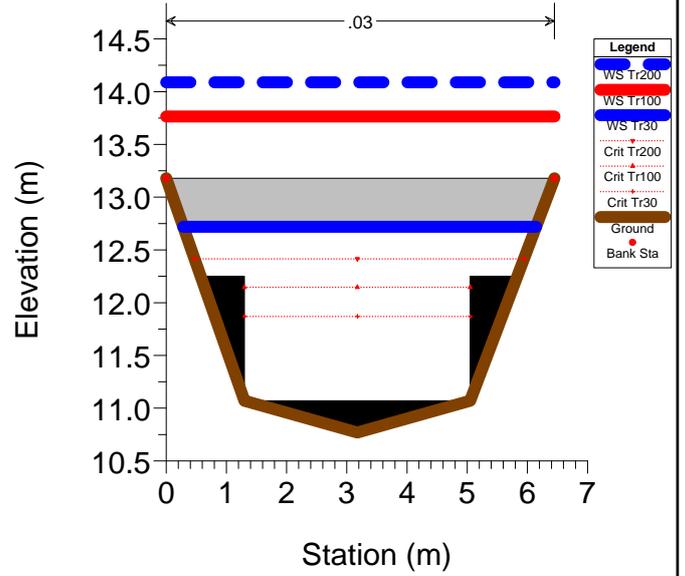
### RS = 78



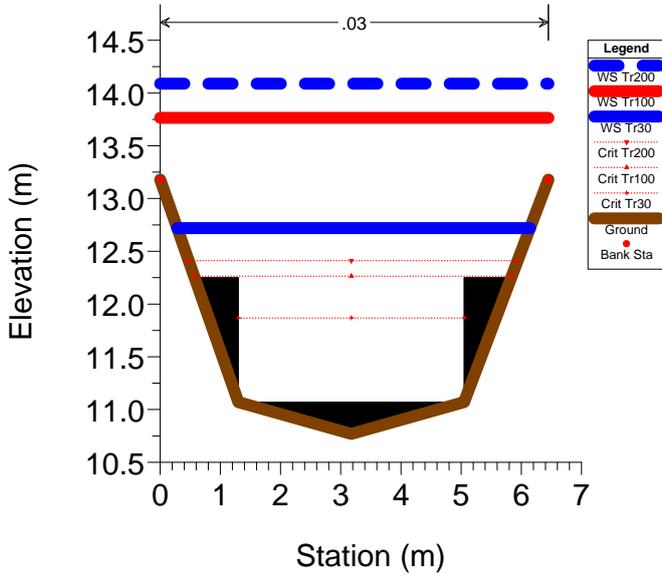
### RS = 77.5 BR



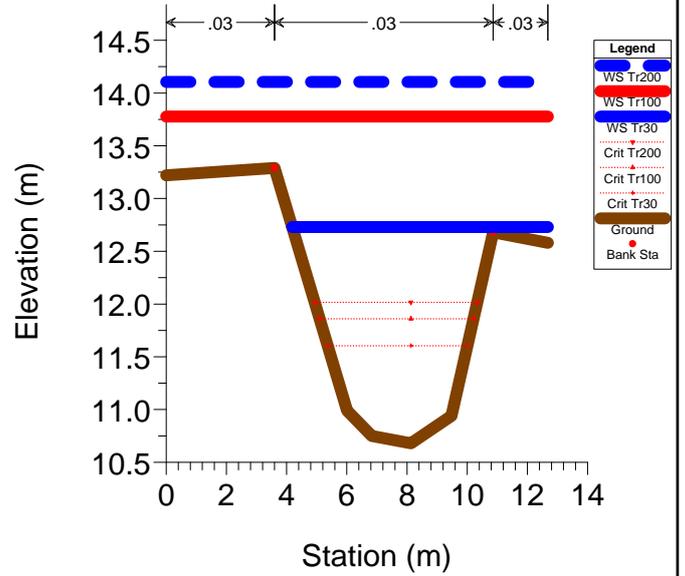
### RS = 77.5 BR



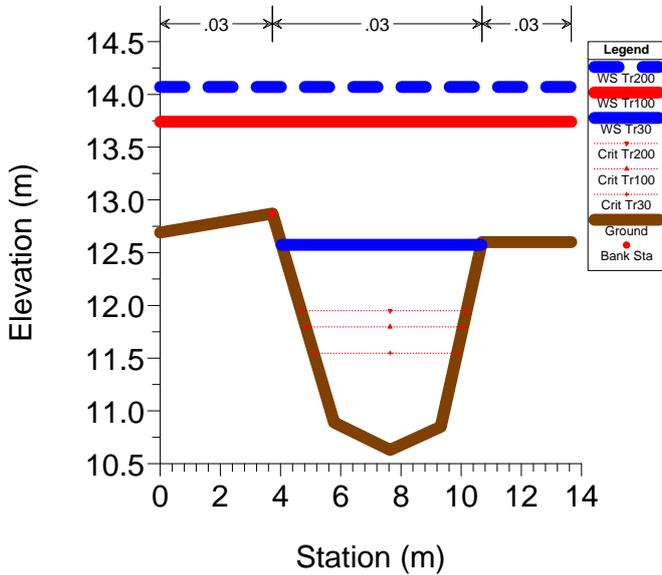
### RS = 77



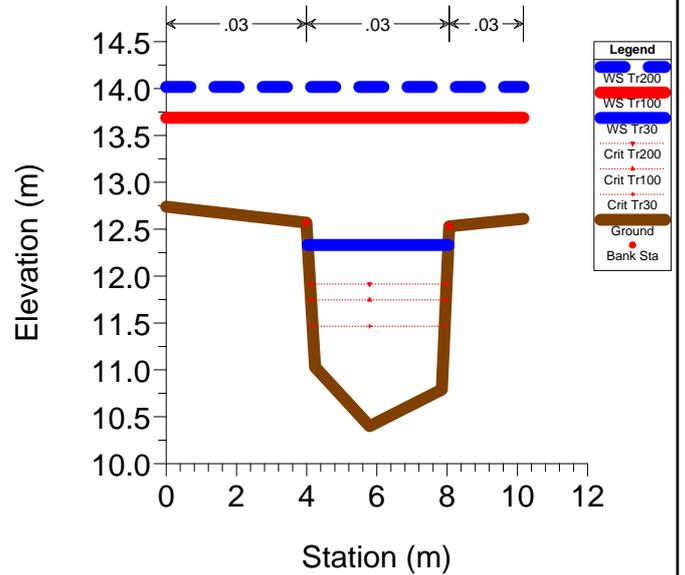
### RS = 76



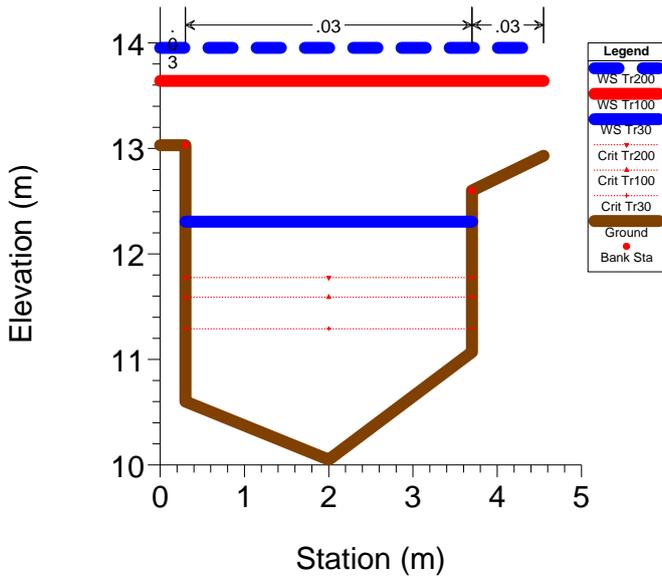
### RS = 75



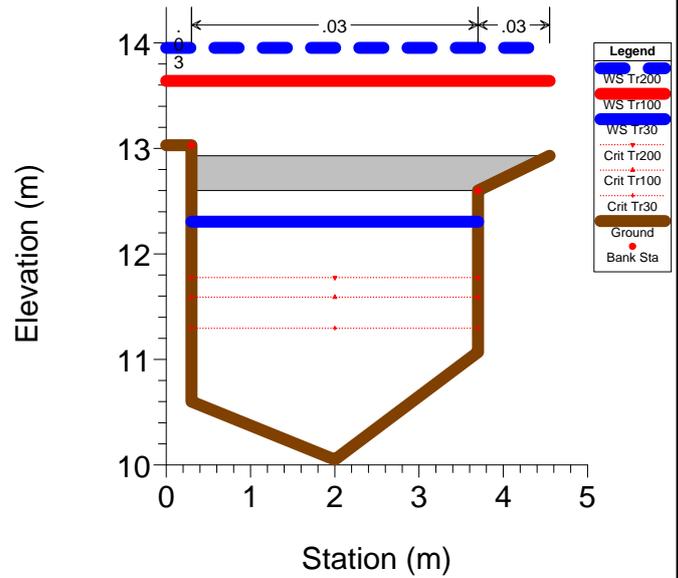
### RS = 74



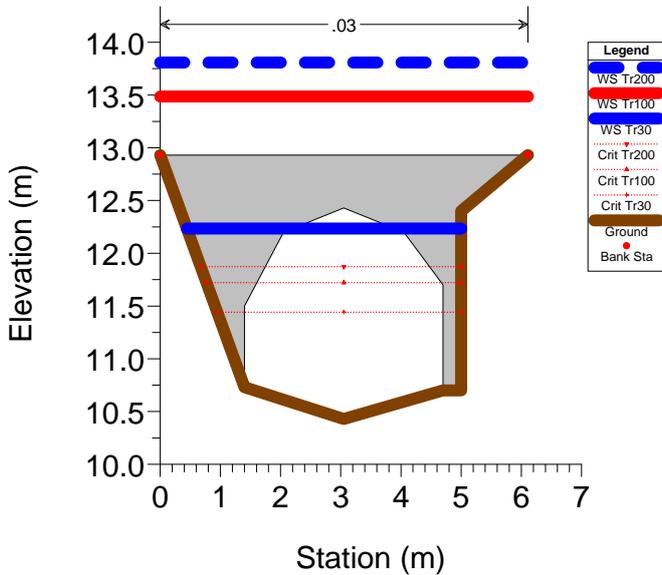
RS = 73



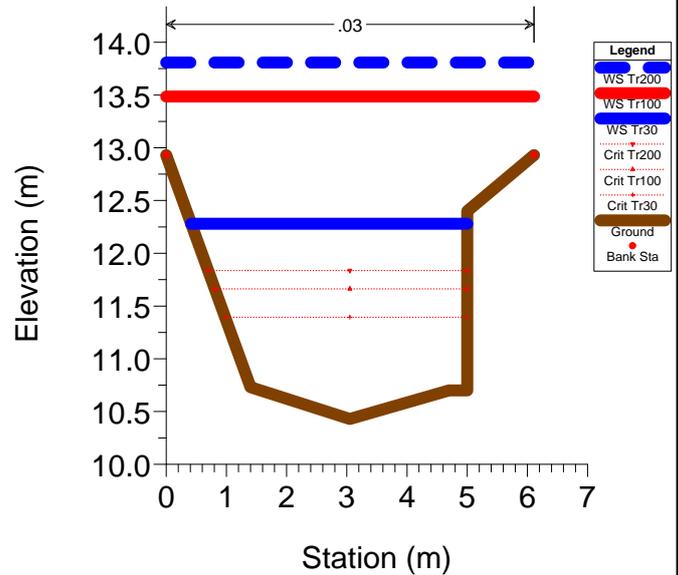
RS = 72.5 BR



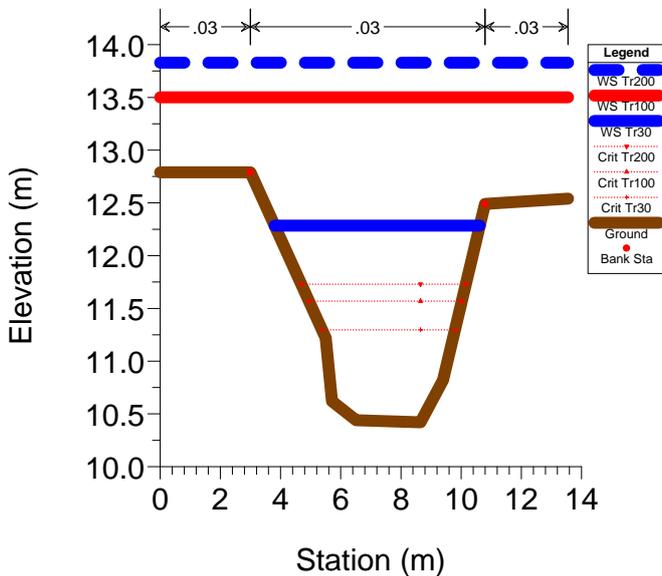
RS = 72.5 BR



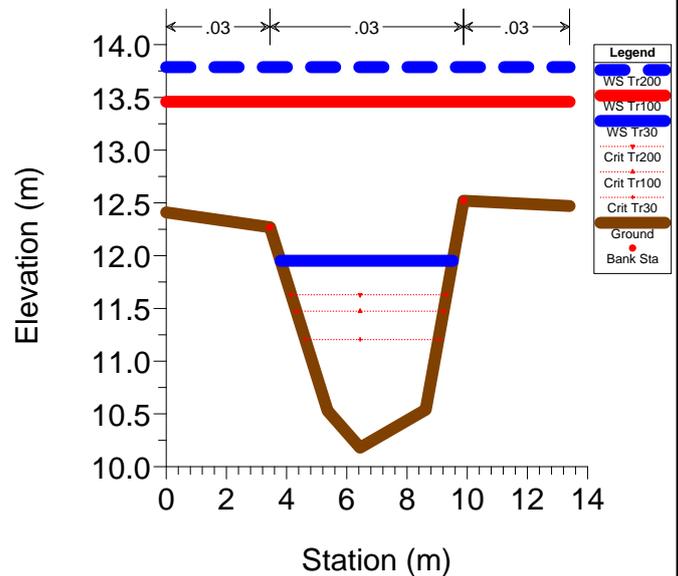
RS = 72



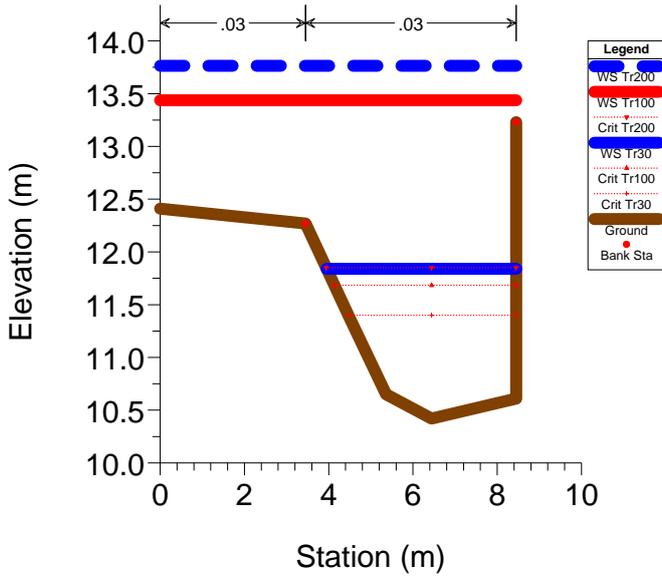
RS = 71



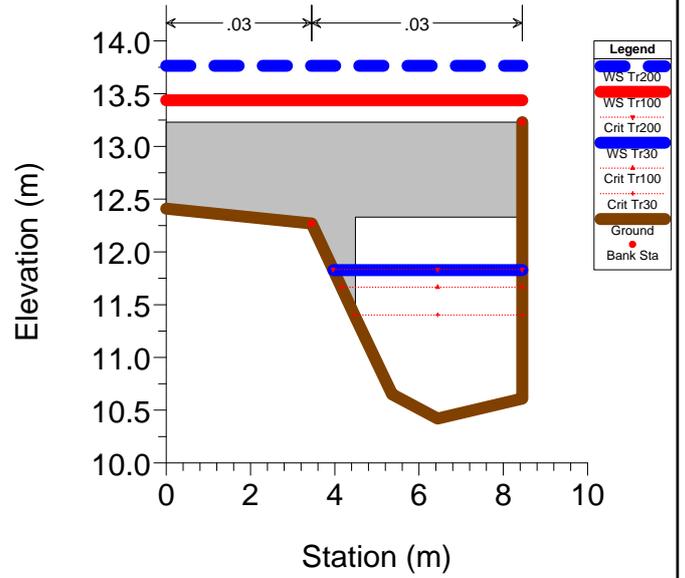
RS = 70



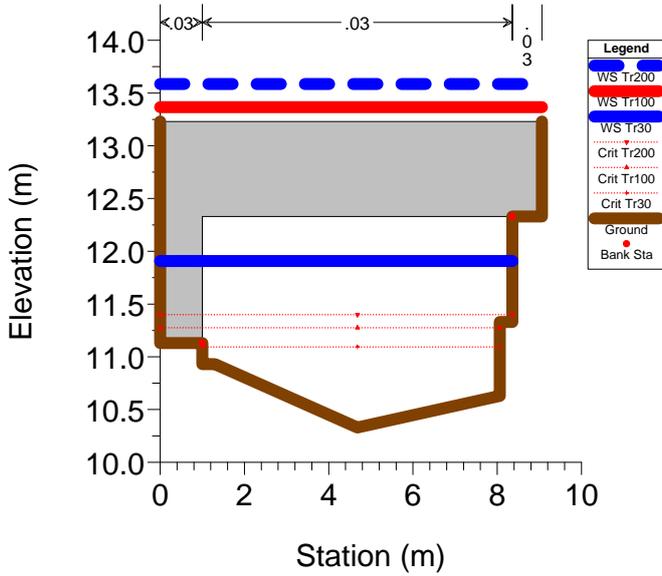
RS = 69



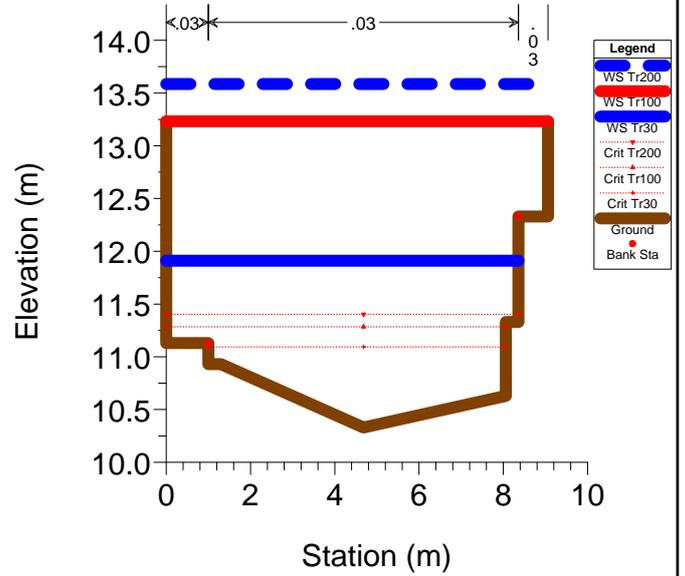
RS = 68.5 BR via Romana



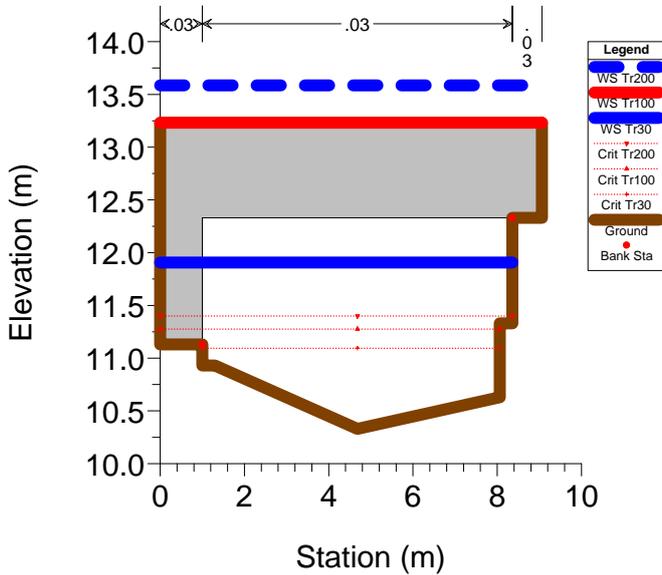
RS = 68.5 BR via Romana



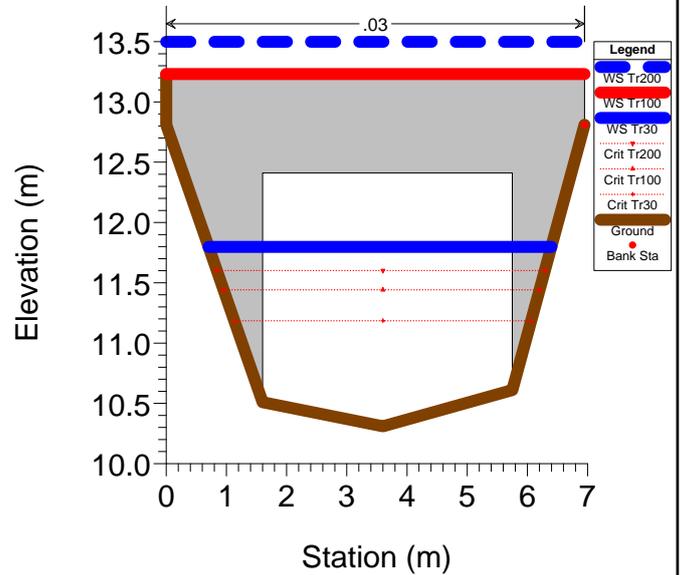
RS = 68 Strada provinciale Romana



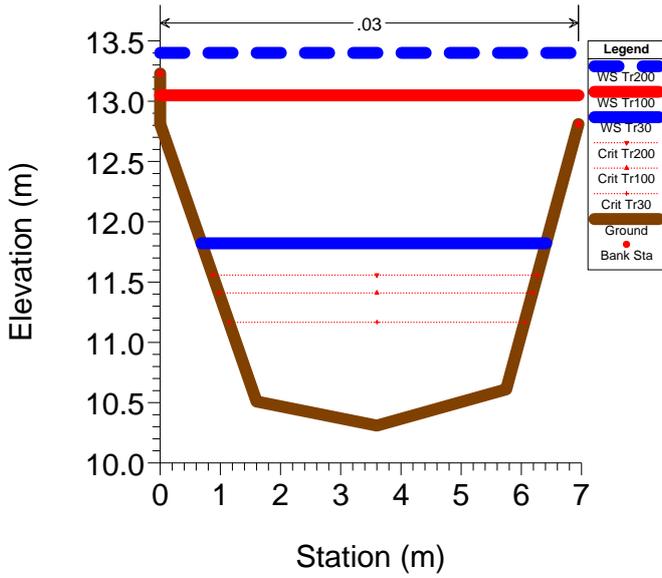
RS = 67.5 BR via Romana



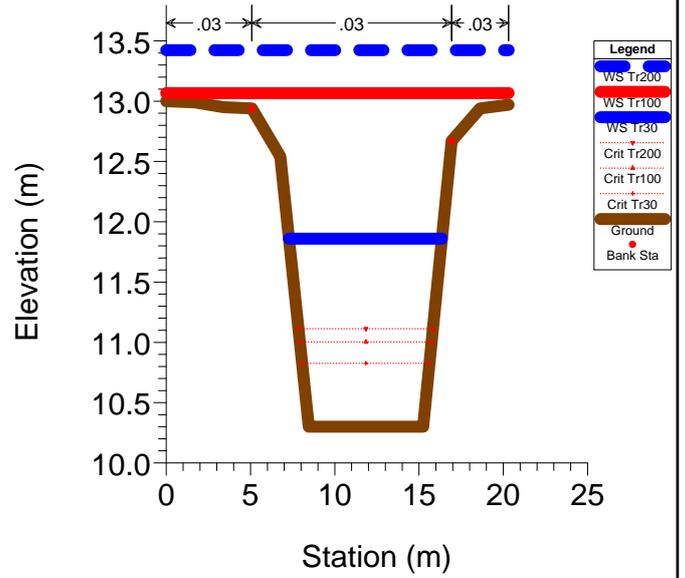
RS = 67.5 BR via Romana



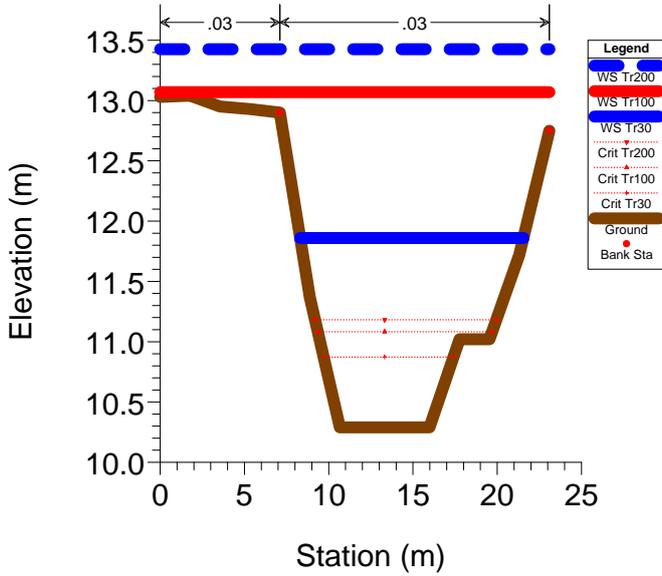
### RS = 67 Strada provinciale Romana



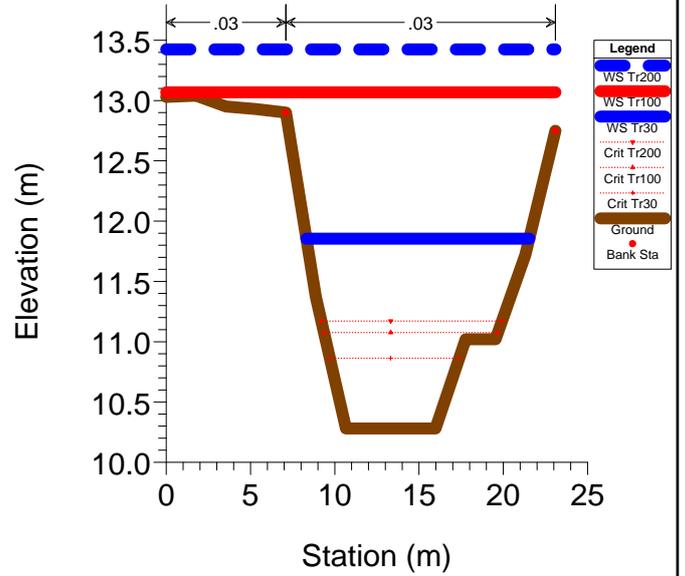
### RS = 66.9



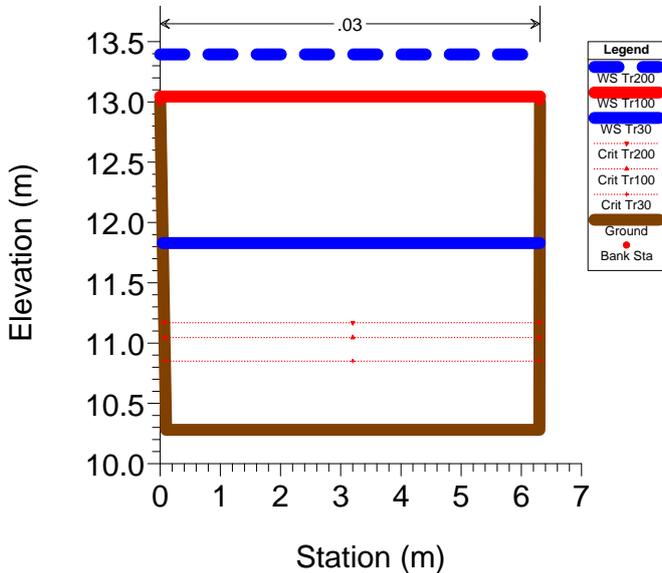
### RS = 66



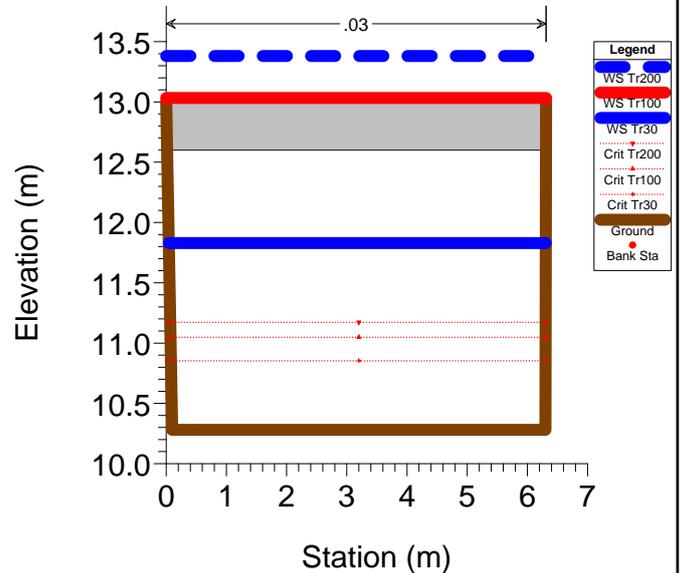
### RS = 65.9



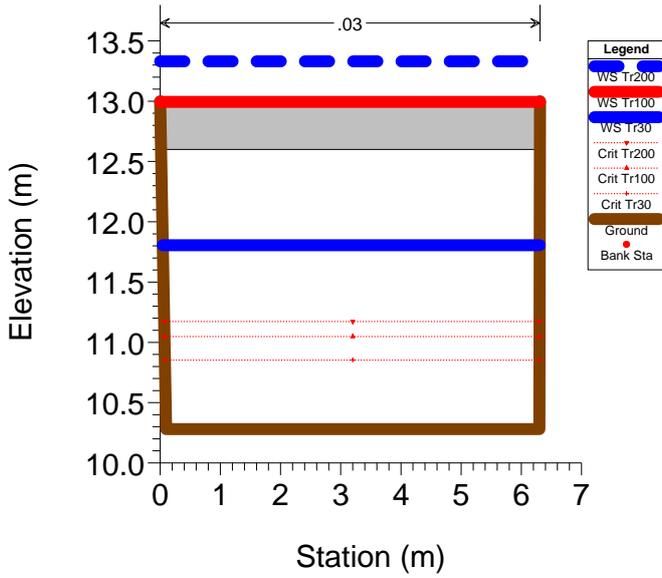
### RS = 65.89



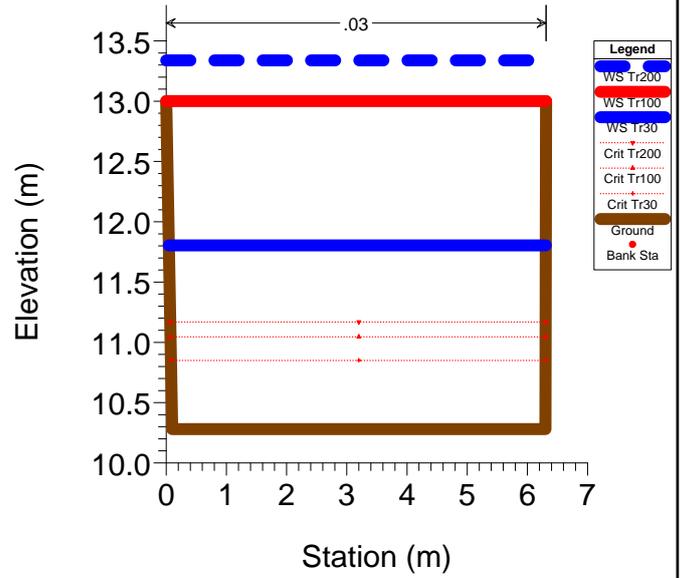
### RS = 65.85 BR nuovo attraversamento (rotonda) SP



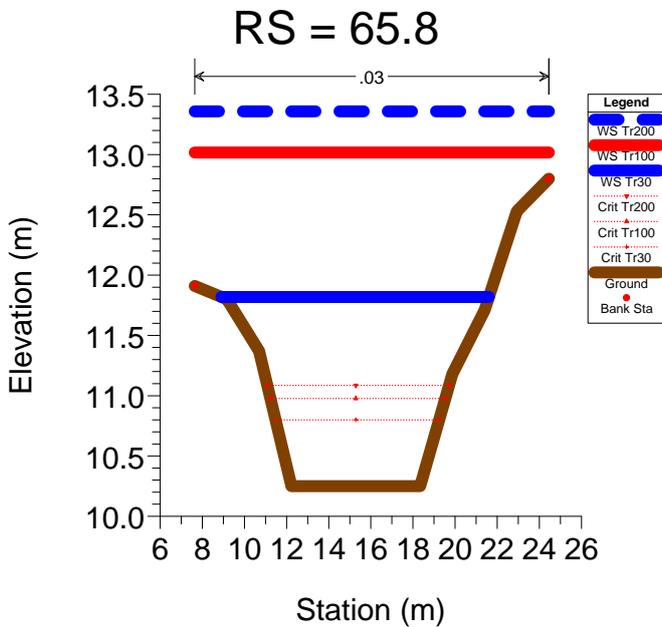
FRIZZONE Plan: SF\_con\_ponticelli 29/06/2018  
 RS = 65.85 BR nuovo attraversamento (rotonda) SP



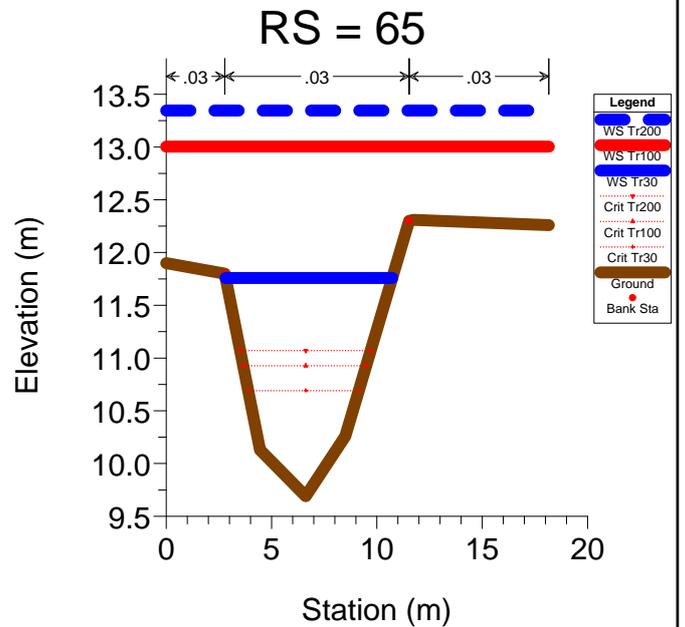
FRIZZONE Plan: SF\_con\_ponticelli 29/06/2018  
 RS = 65.81



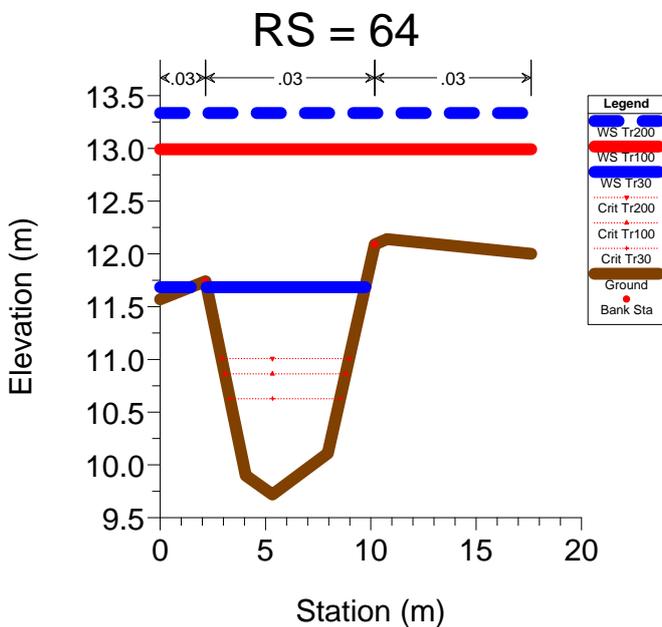
FRIZZONE Plan: SF\_con\_ponticelli 29/06/2018



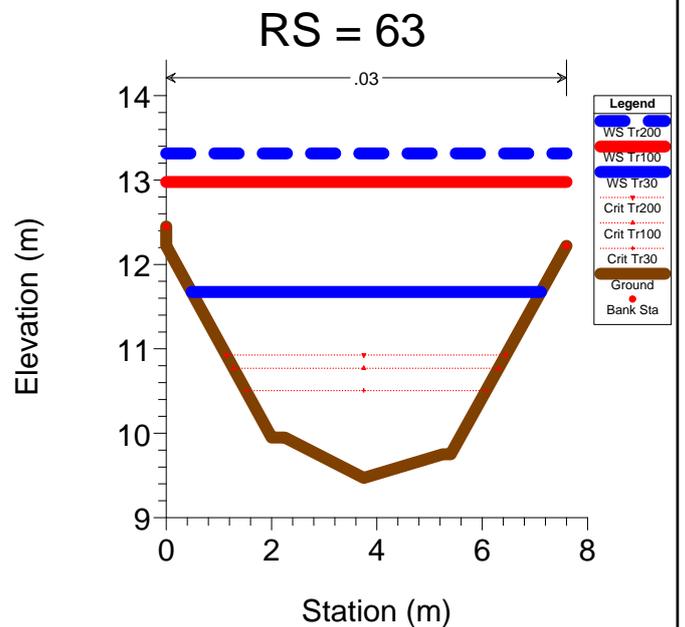
FRIZZONE Plan: SF\_con\_ponticelli 29/06/2018



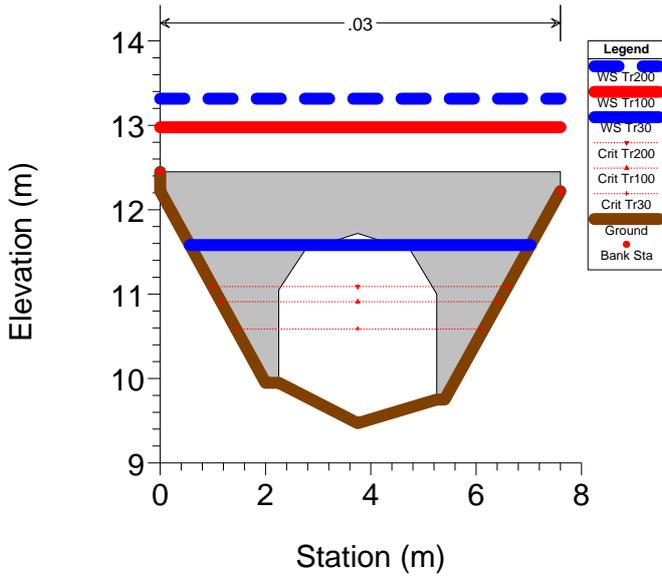
FRIZZONE Plan: SF\_con\_ponticelli 29/06/2018



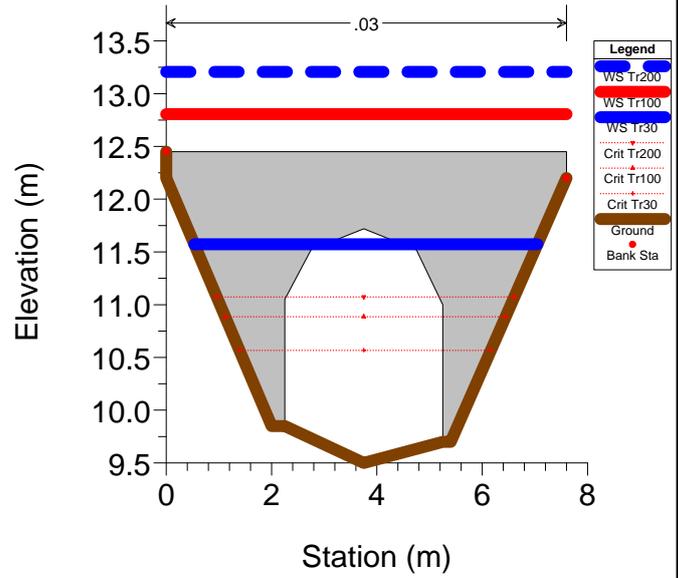
FRIZZONE Plan: SF\_con\_ponticelli 29/06/2018



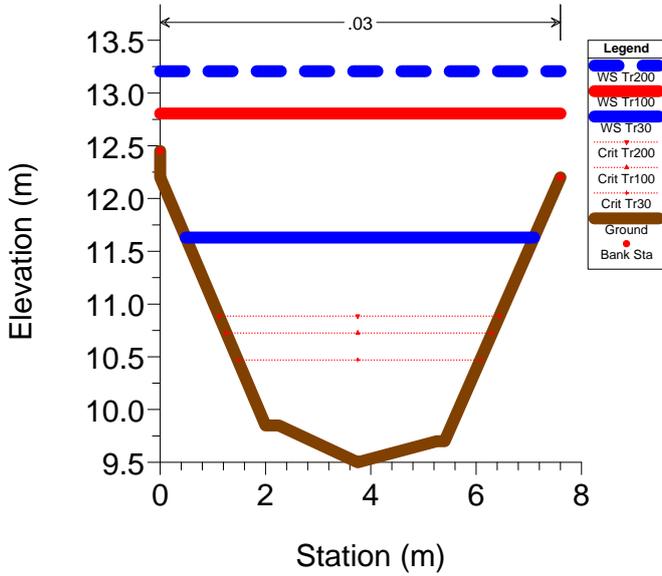
### RS = 62.5 BR



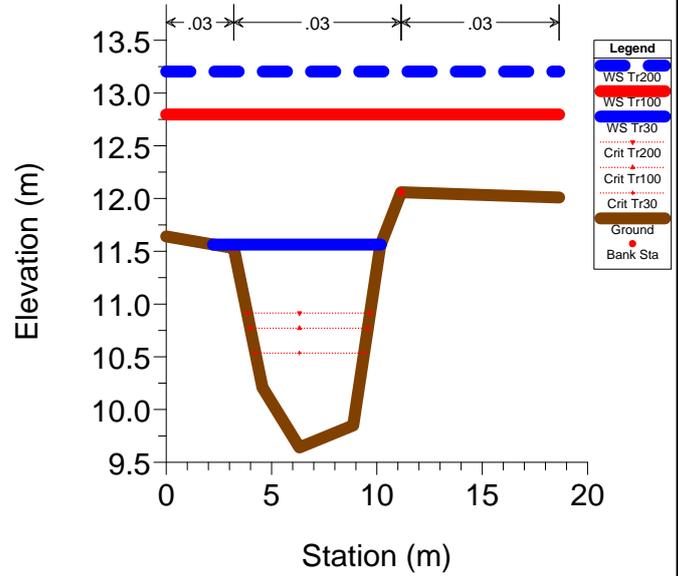
### RS = 62.5 BR



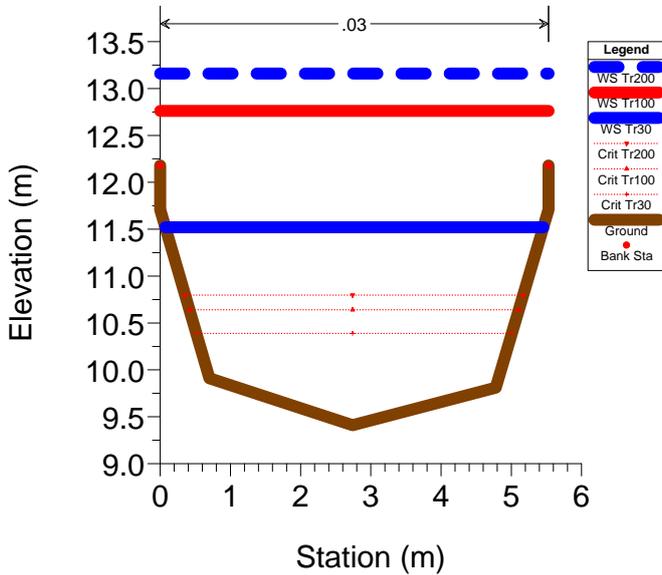
### RS = 62



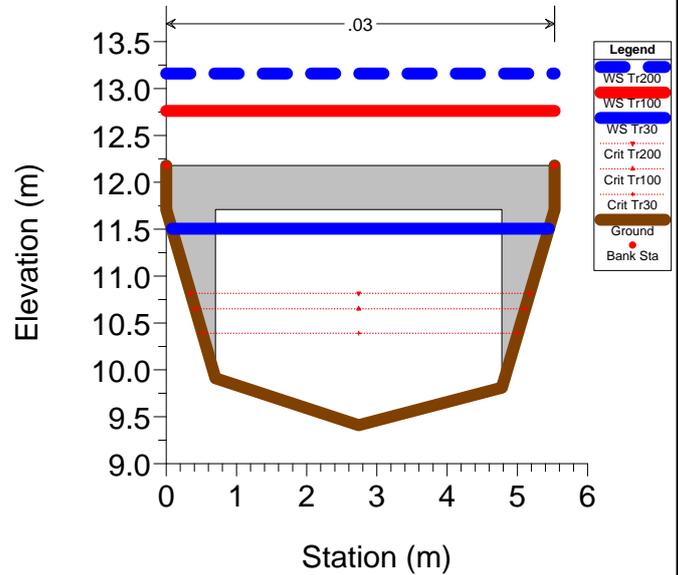
### RS = 61



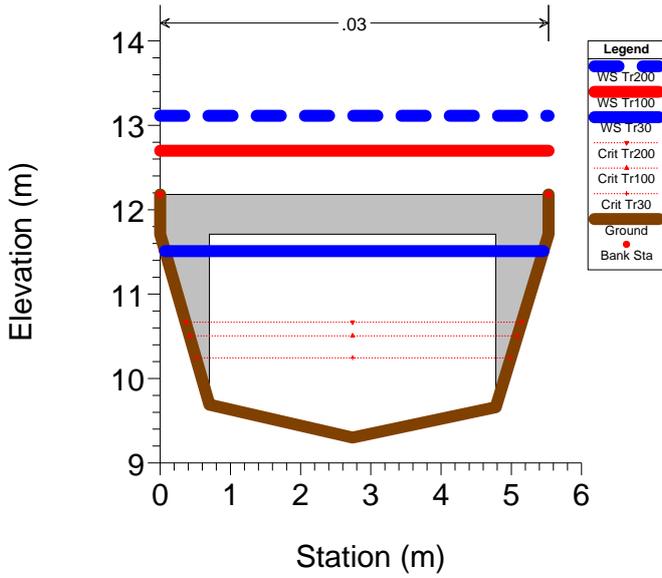
### RS = 60



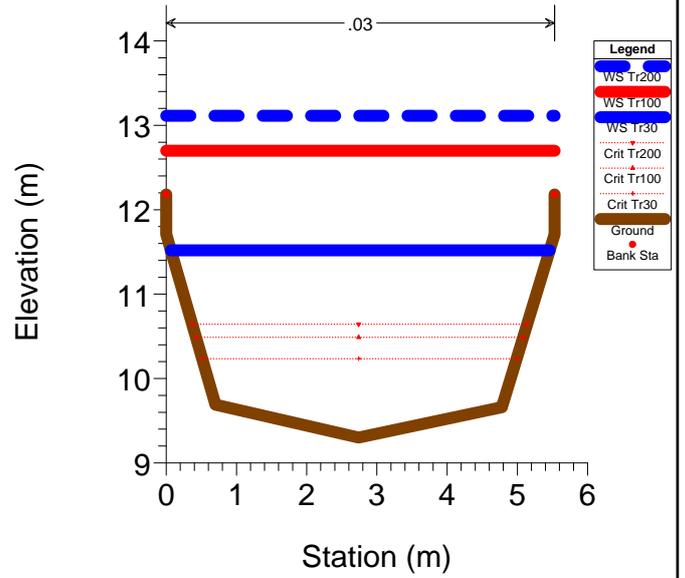
### RS = 59.5 BR



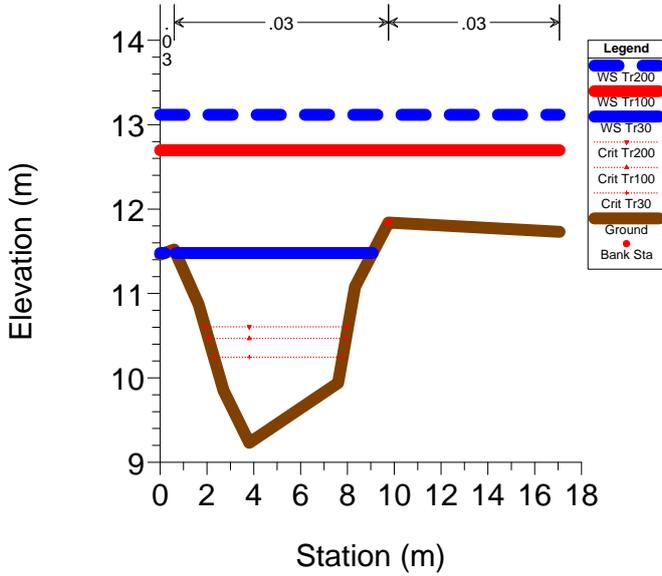
# RS = 59.5 BR



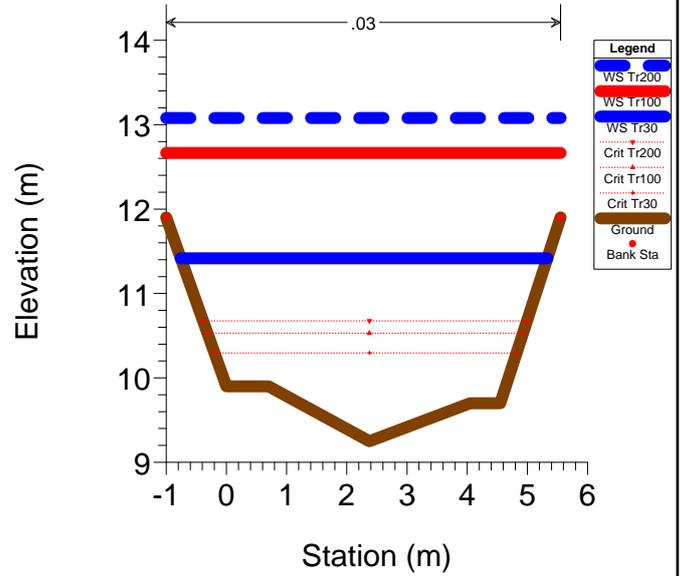
# RS = 59



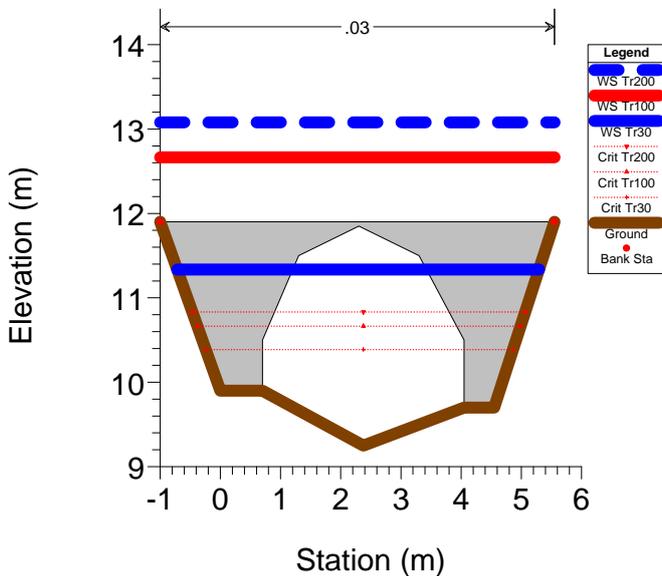
# RS = 58



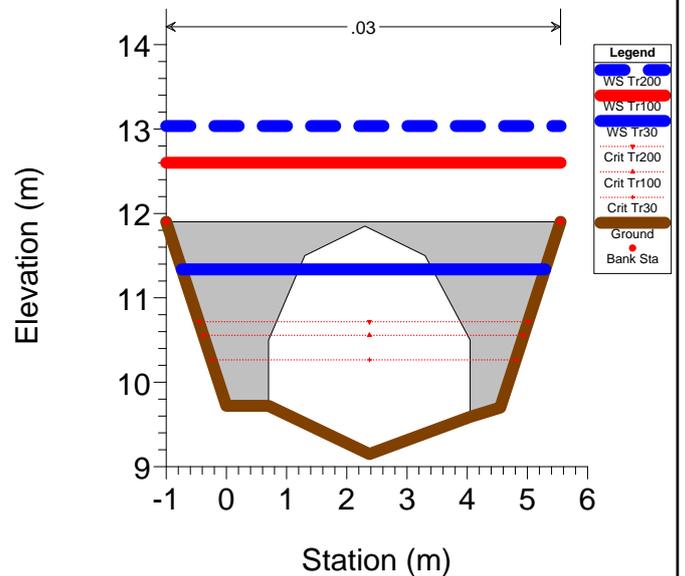
# RS = 57



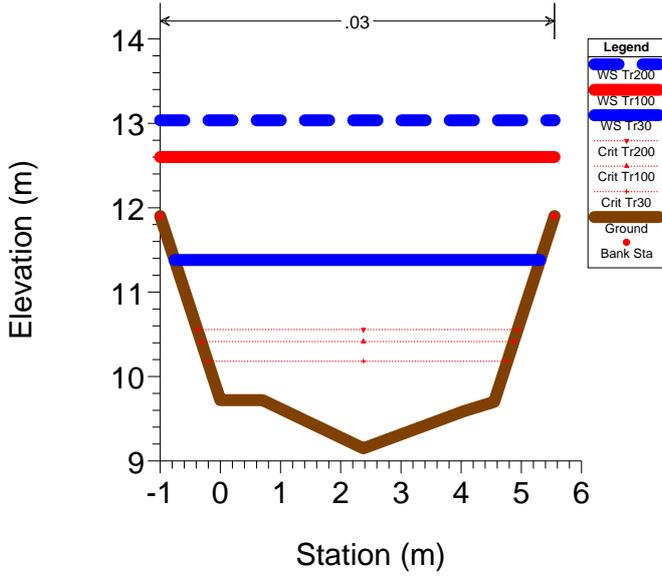
# RS = 56.5 BR



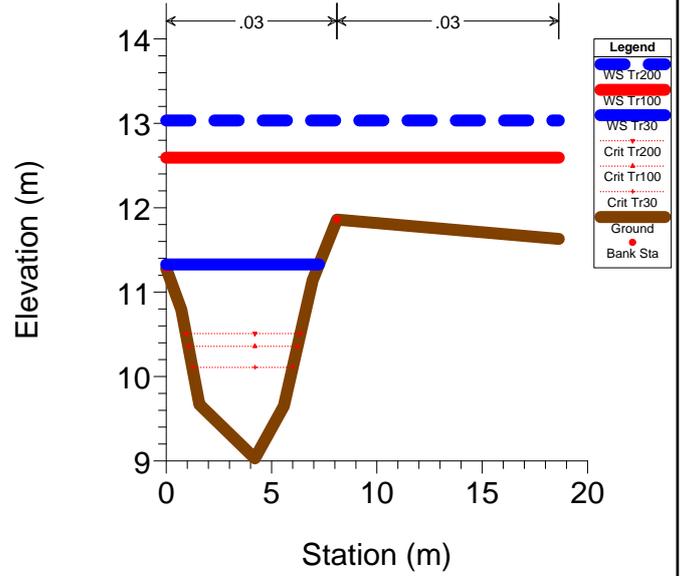
# RS = 56.5 BR



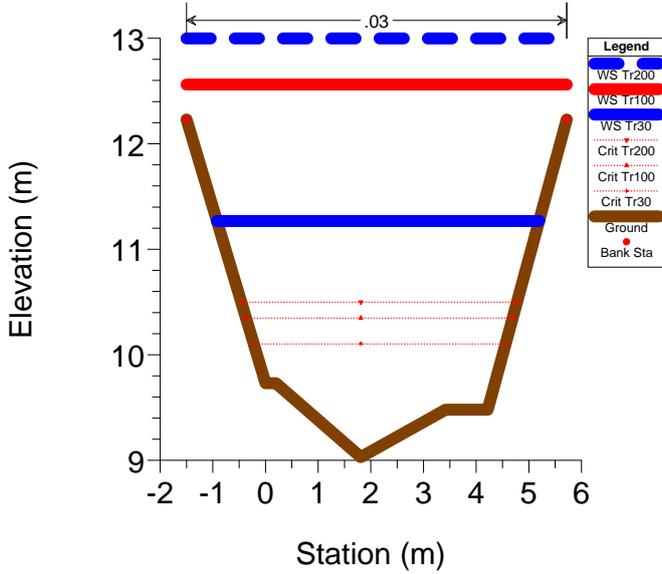
RS = 56



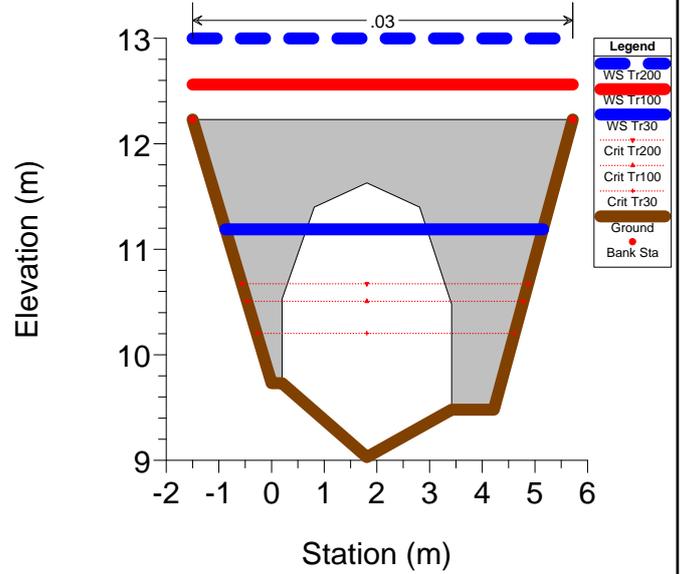
RS = 55



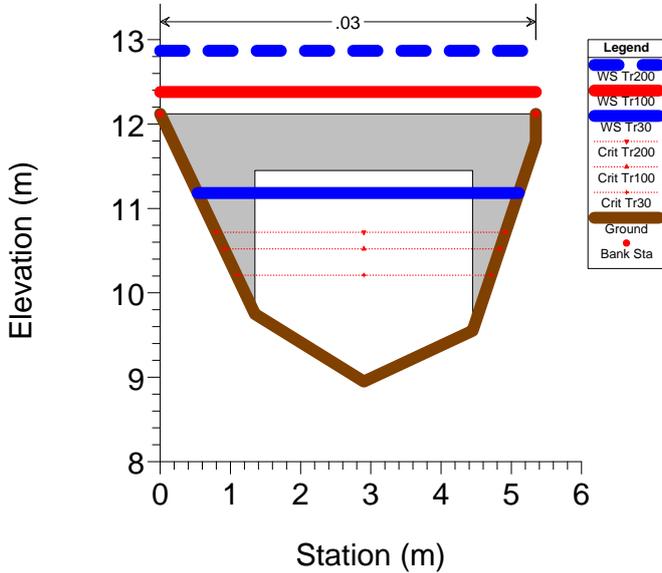
RS = 54



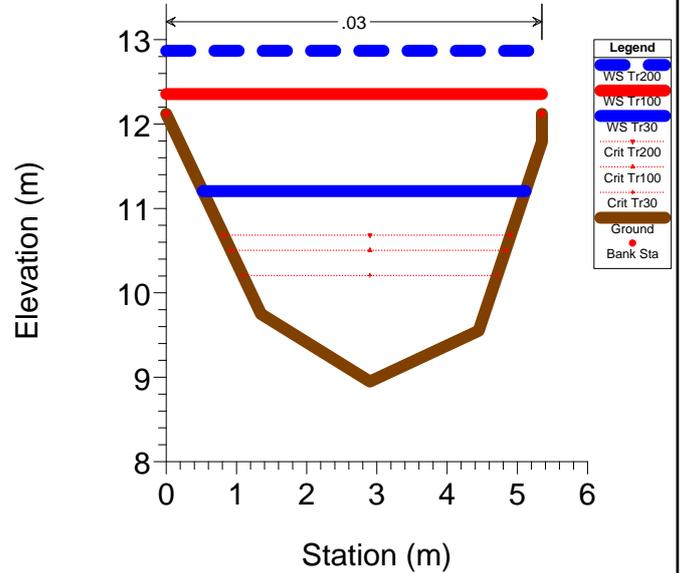
RS = 53.5 BR



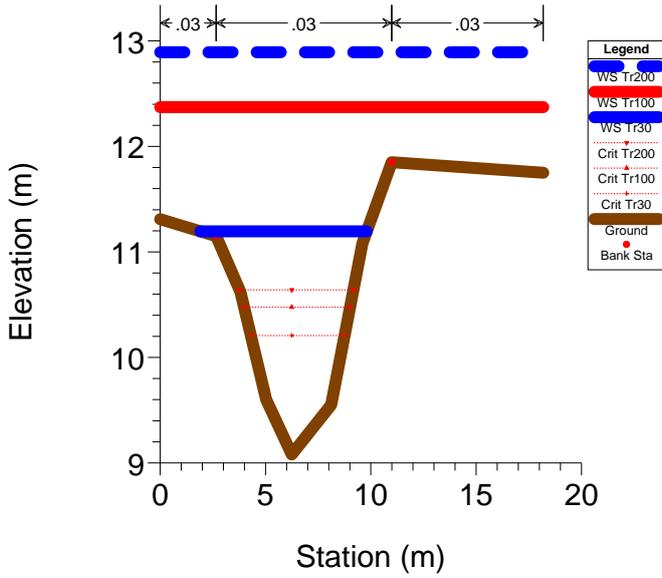
RS = 53.5 BR



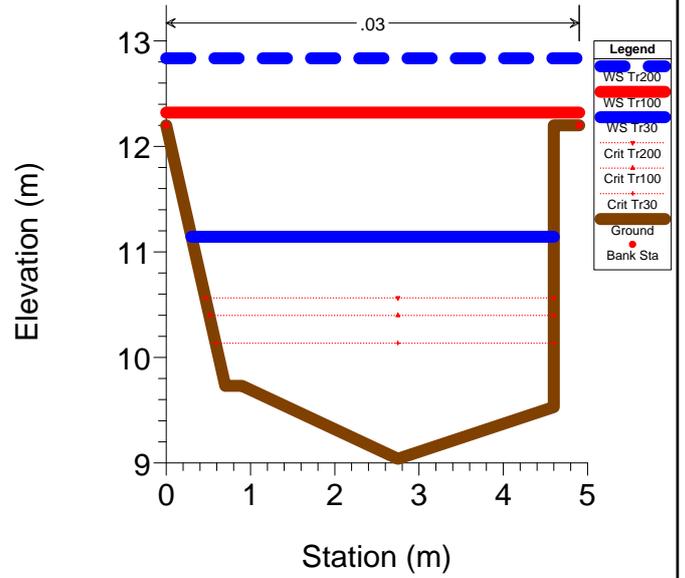
RS = 53



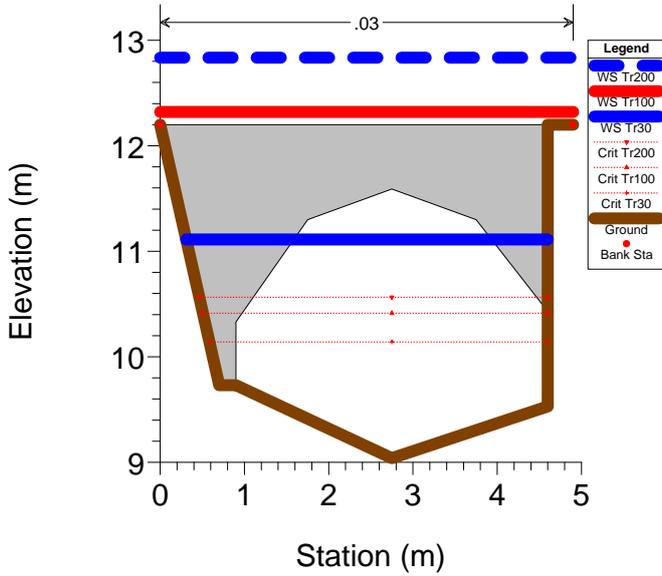
RS = 52



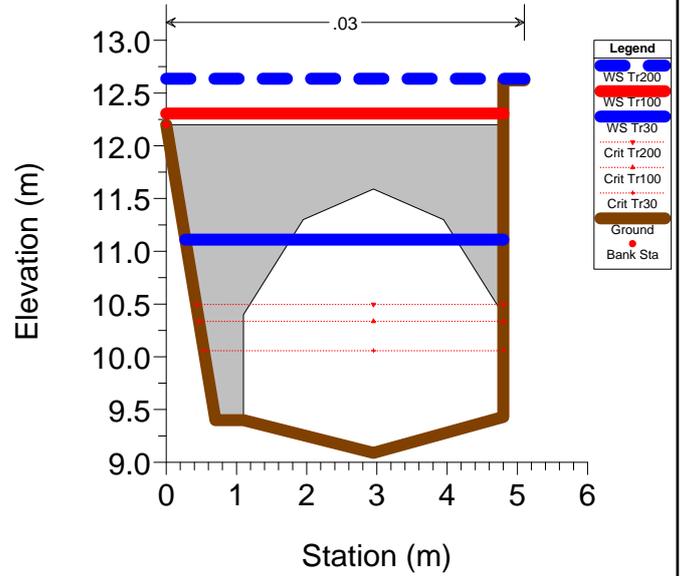
RS = 51



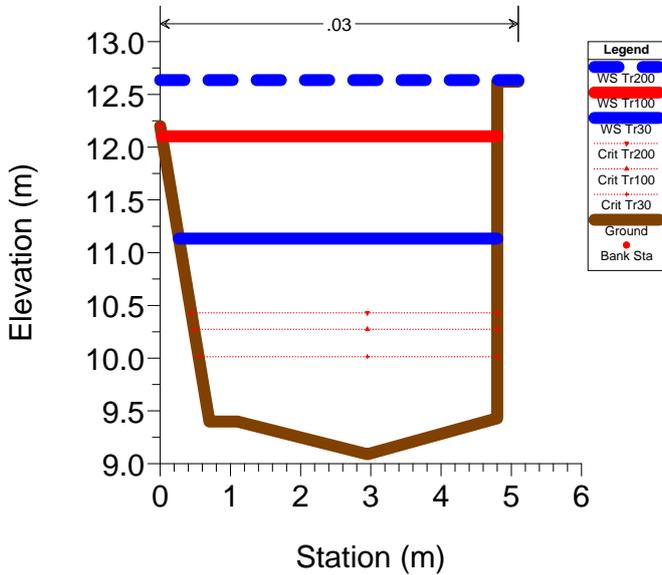
RS = 50.5 BR



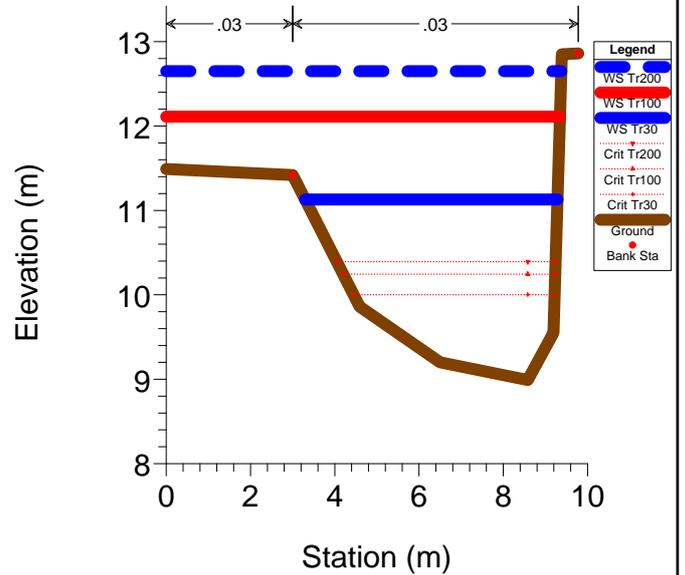
RS = 50.5 BR



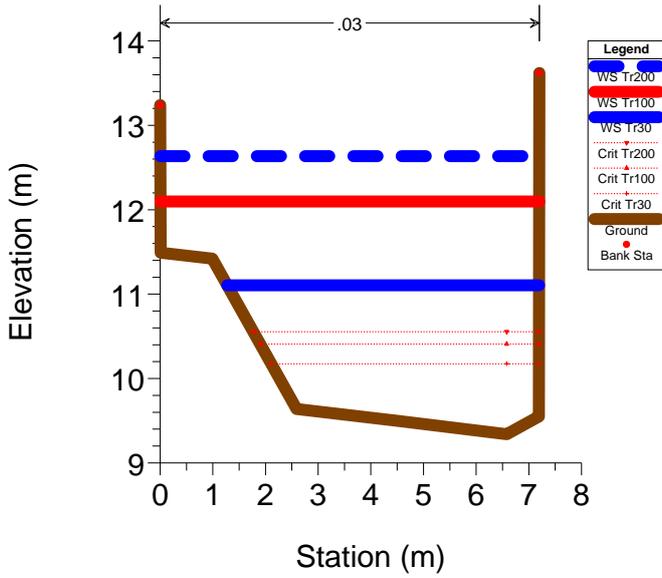
RS = 50



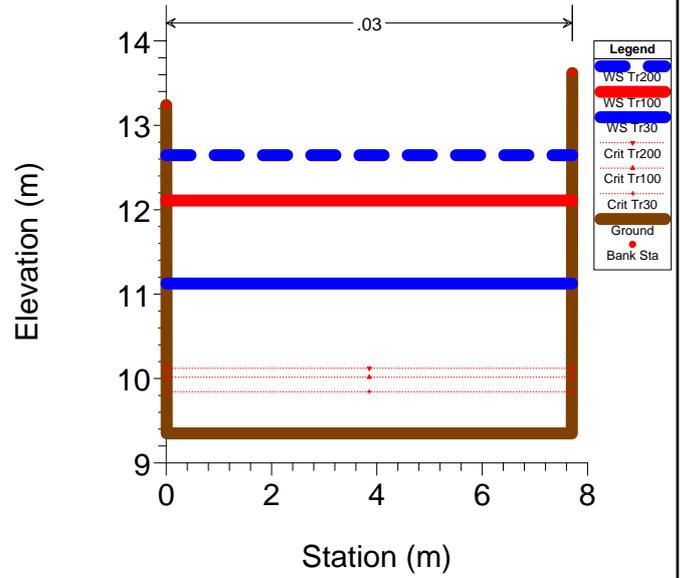
RS = 49



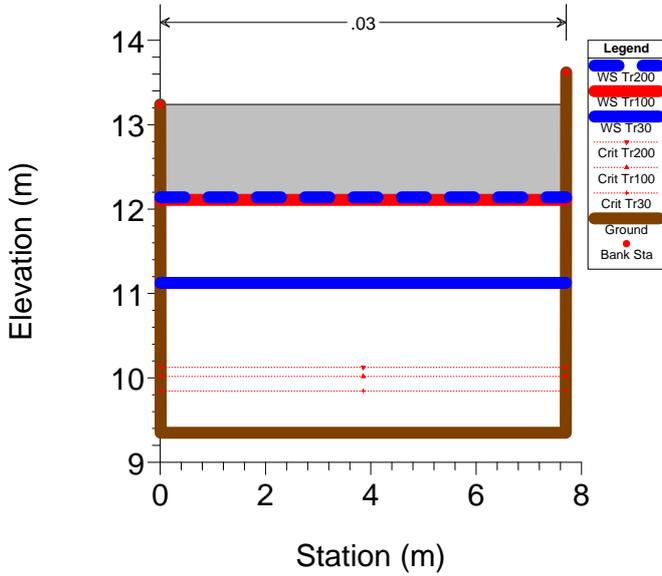
### RS = 48 RFI



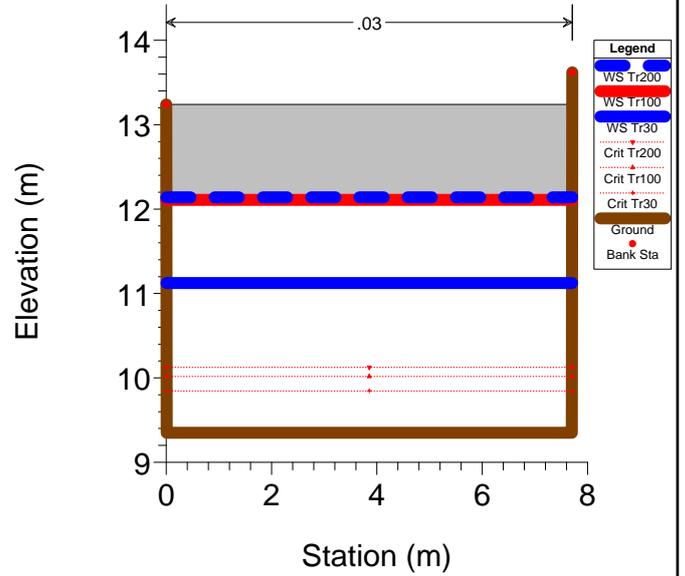
### RS = 47 ferrovia LU-FI



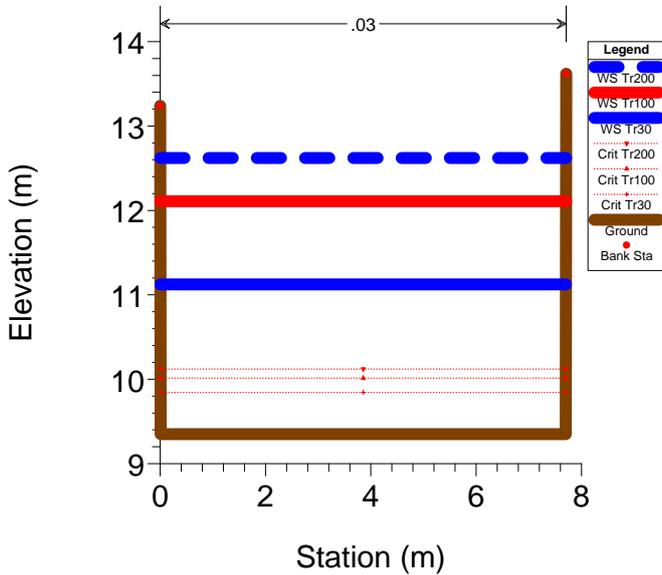
### RS = 46.5 BR RFI



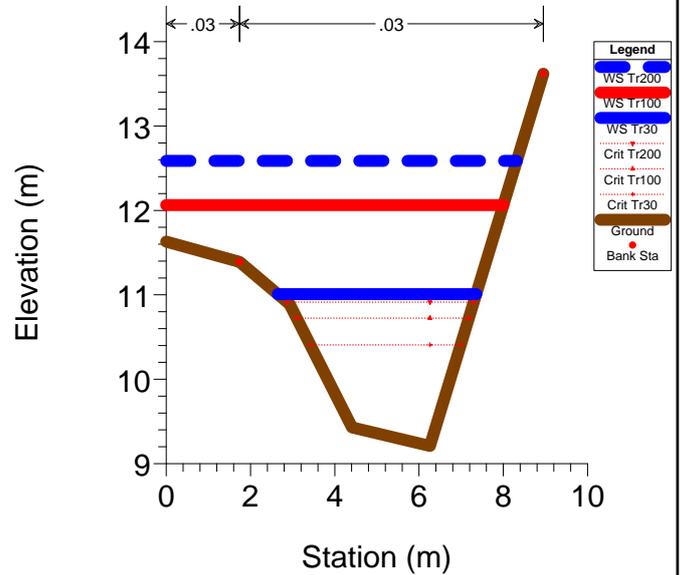
### RS = 46.5 BR RFI



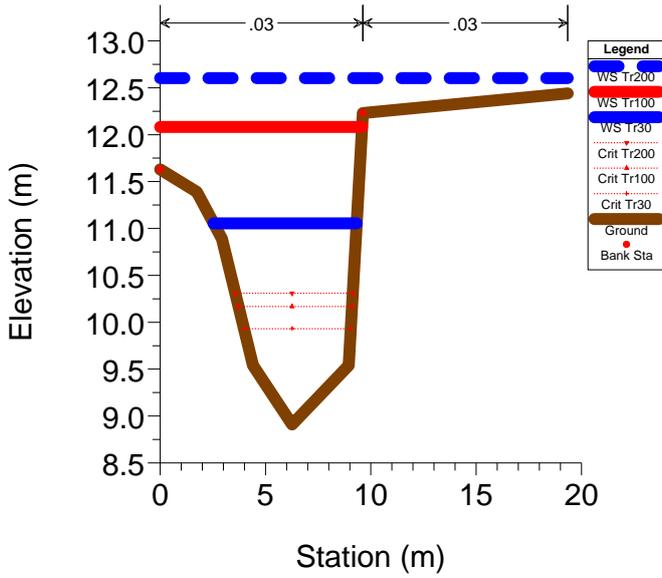
### RS = 46



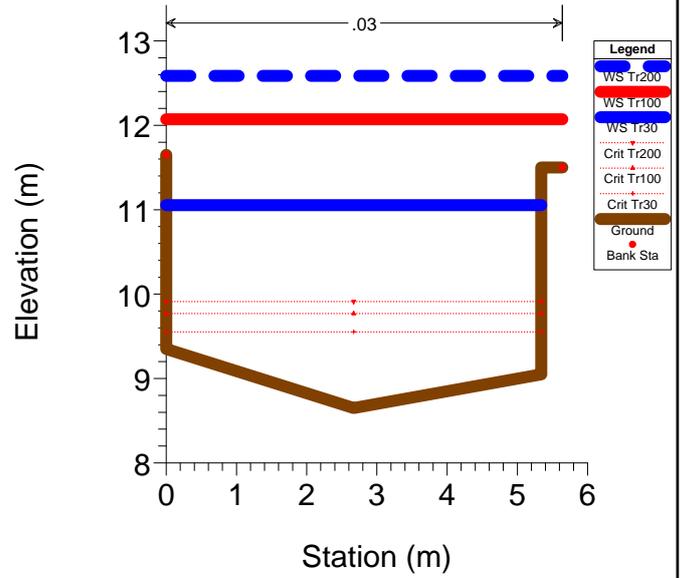
### RS = 45



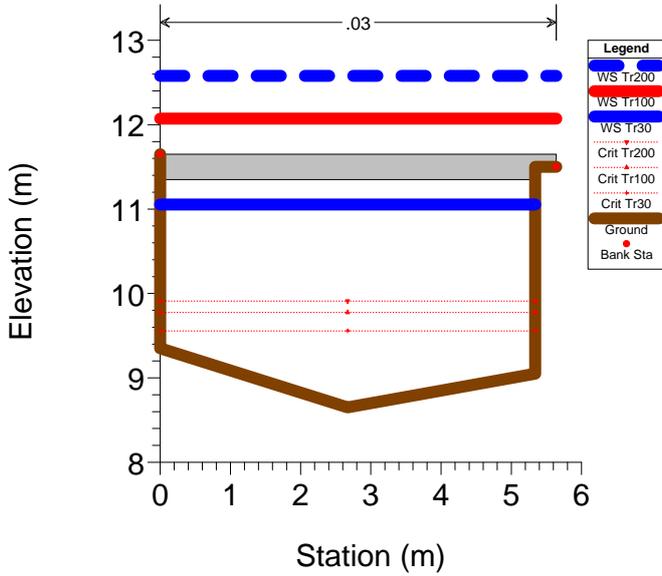
### RS = 44



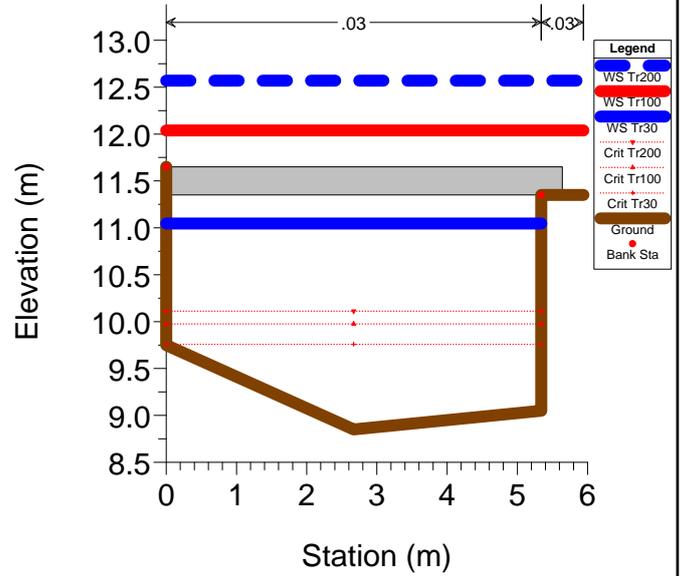
### RS = 43



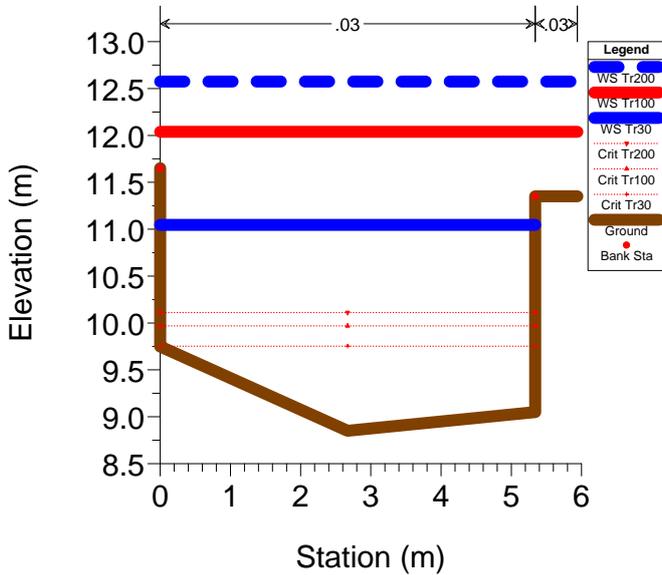
### RS = 42.5 BR



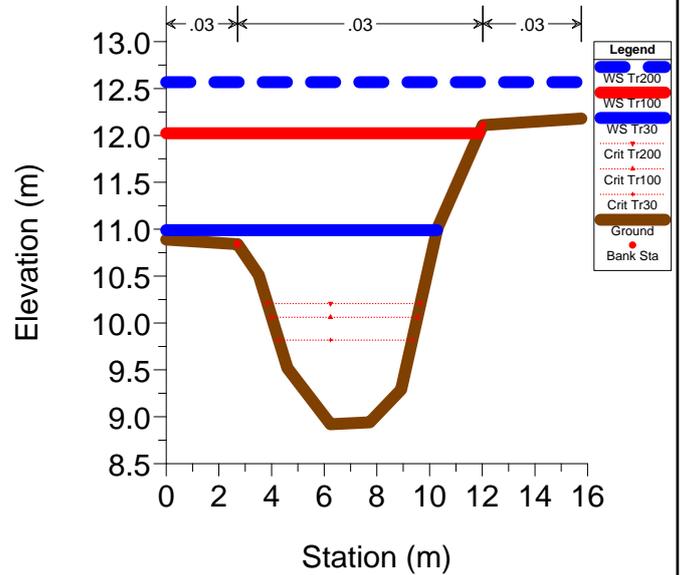
### RS = 42.5 BR



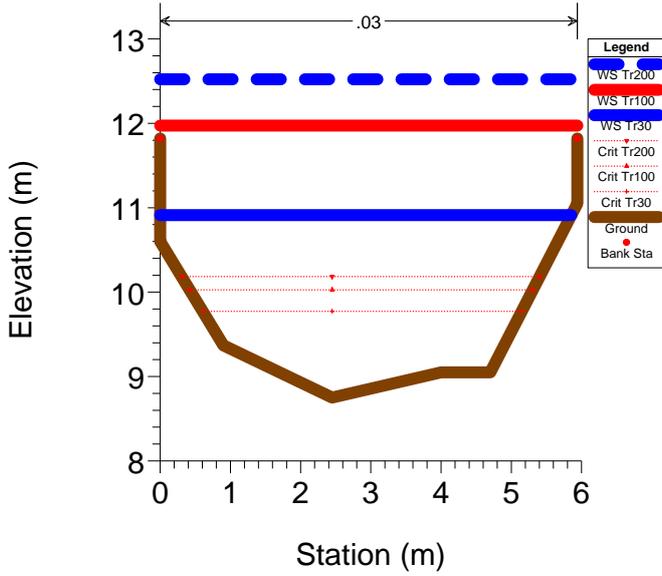
### RS = 42



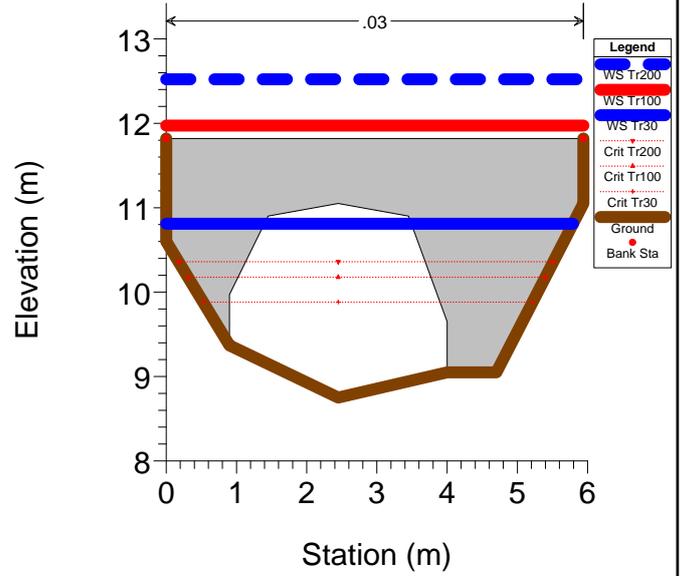
### RS = 41



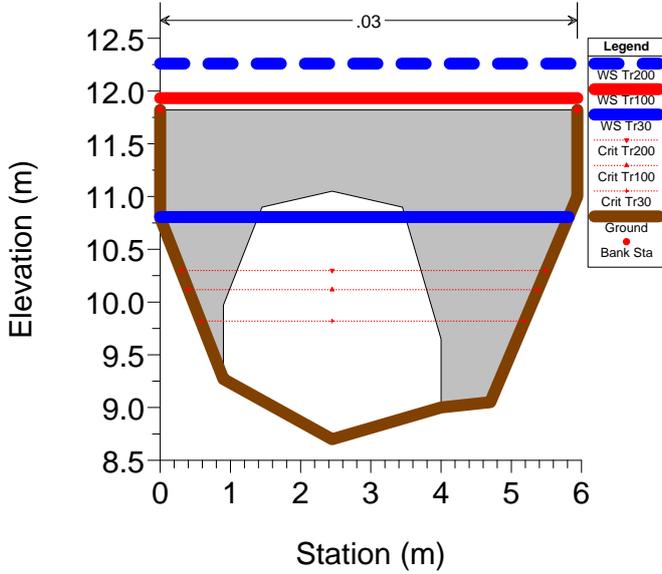
RS = 40



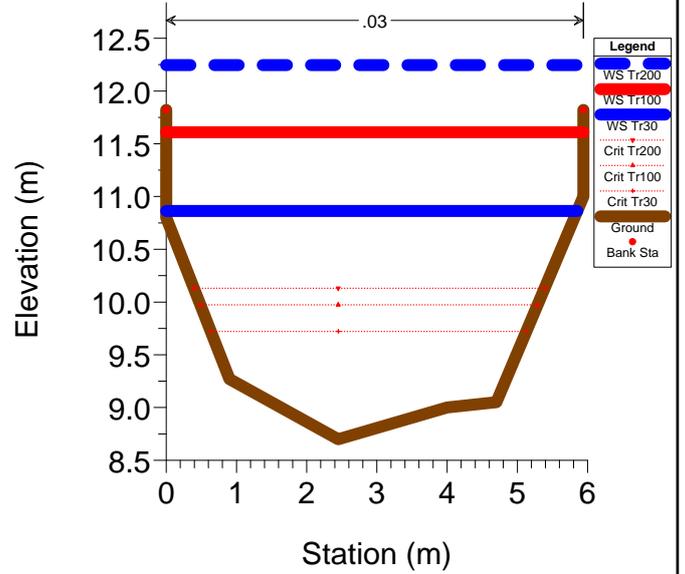
RS = 39.5 BR



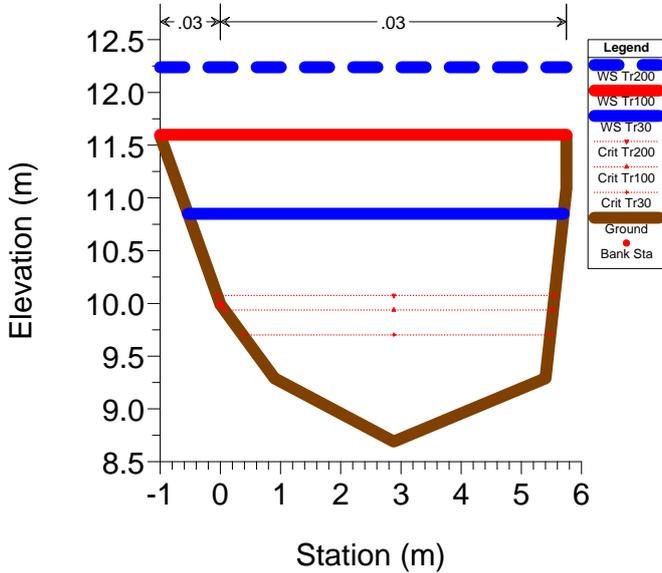
RS = 39.5 BR



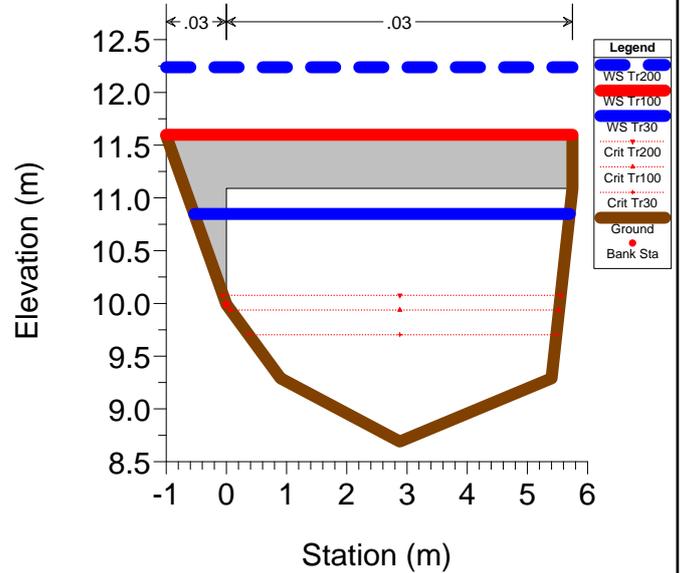
RS = 39



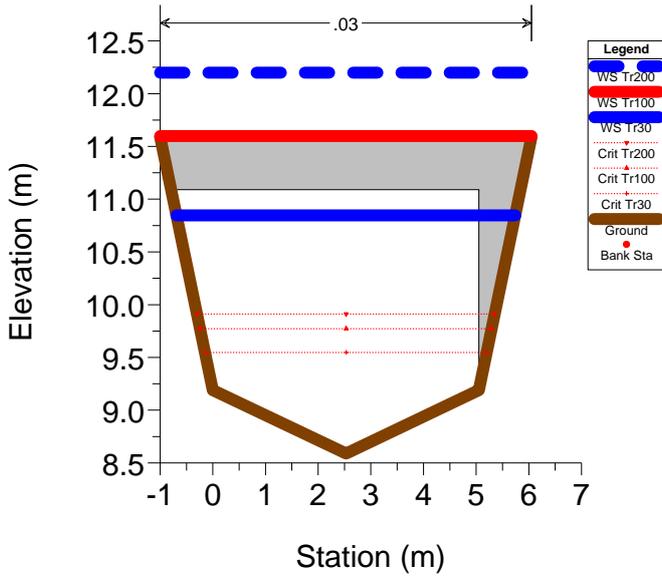
RS = 38



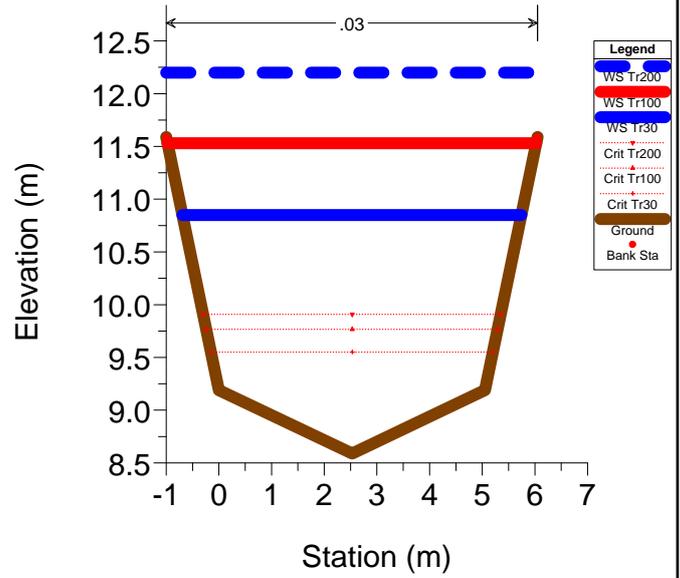
RS = 37.5 BR



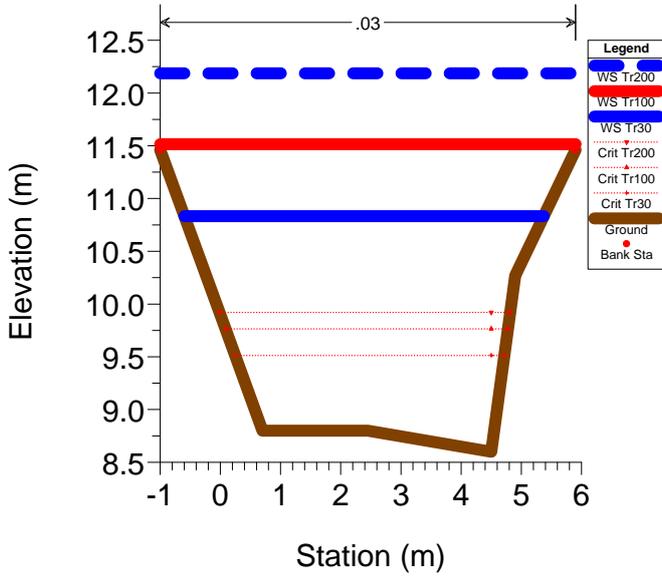
### RS = 37.5 BR



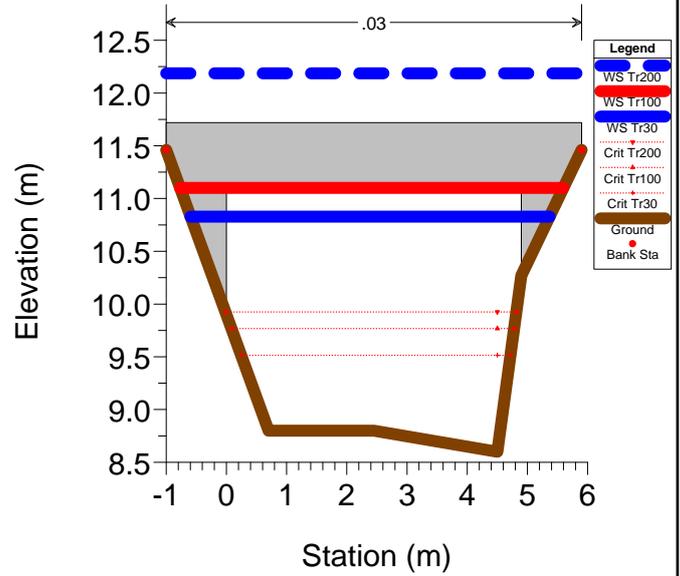
### RS = 37



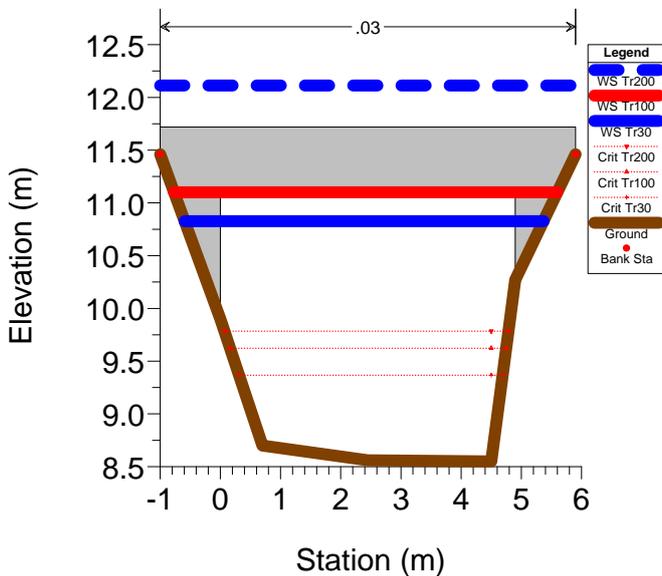
### RS = 36



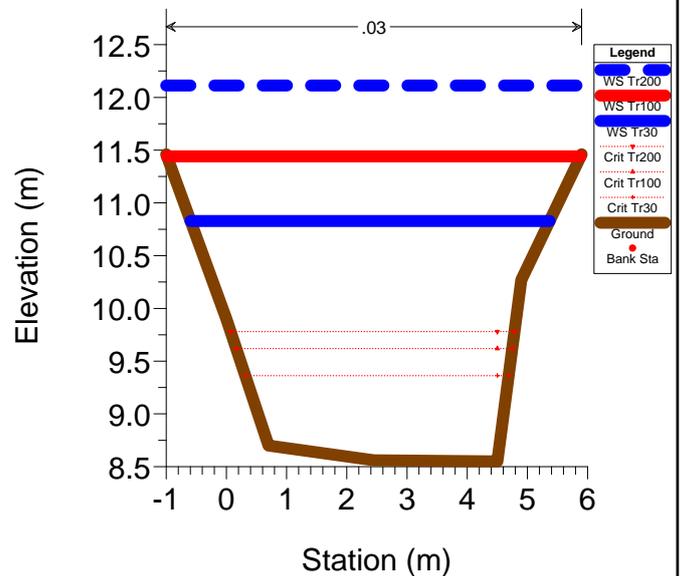
### RS = 35.5 BR



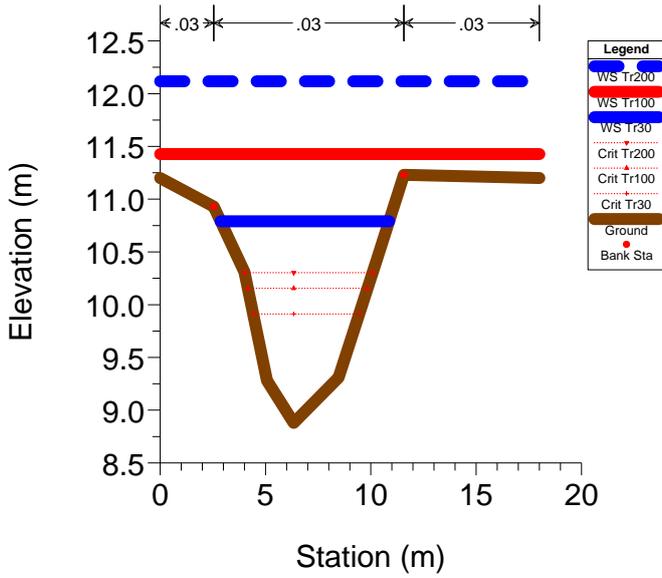
### RS = 35.5 BR



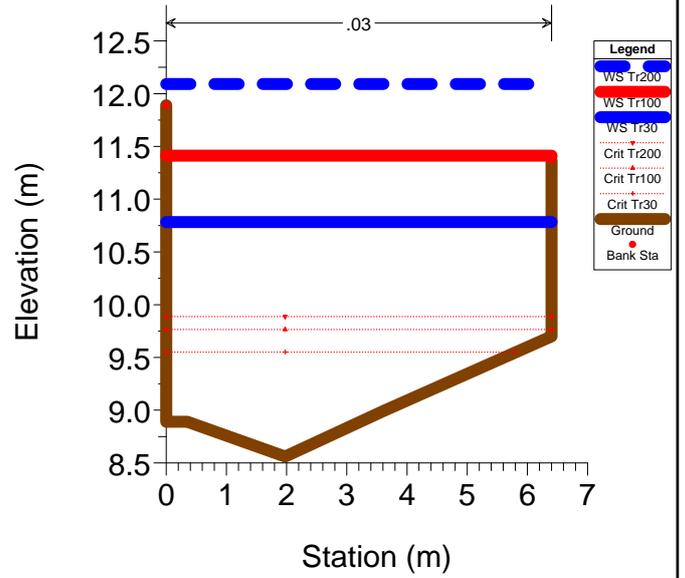
### RS = 35



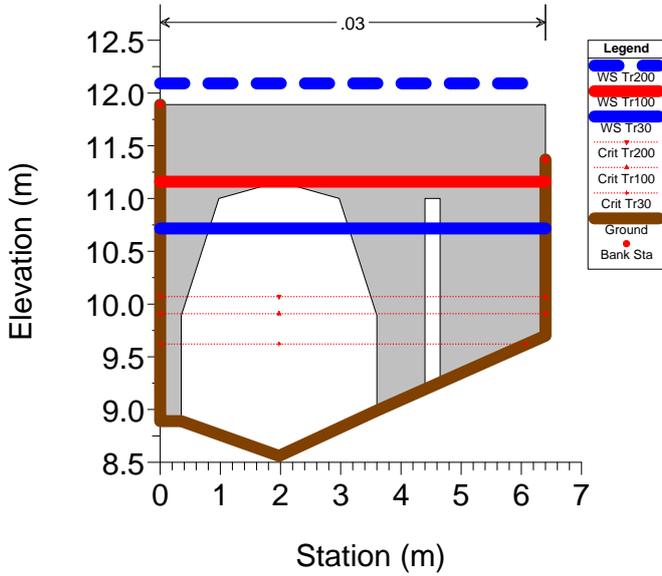
### RS = 34



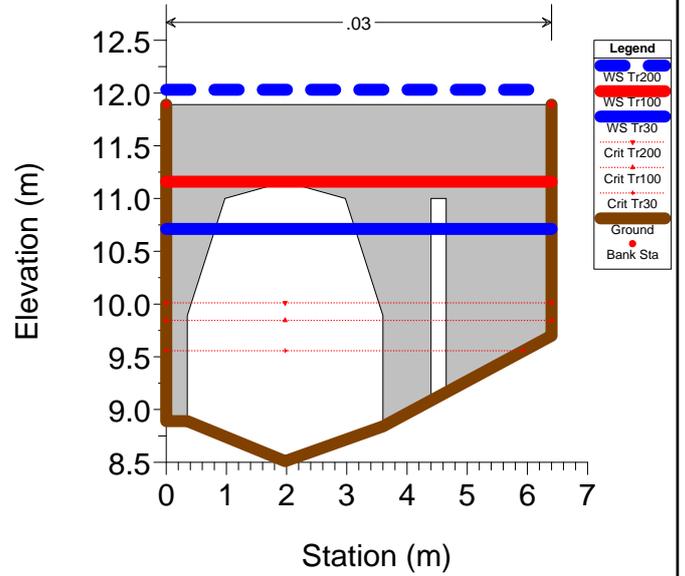
### RS = 33



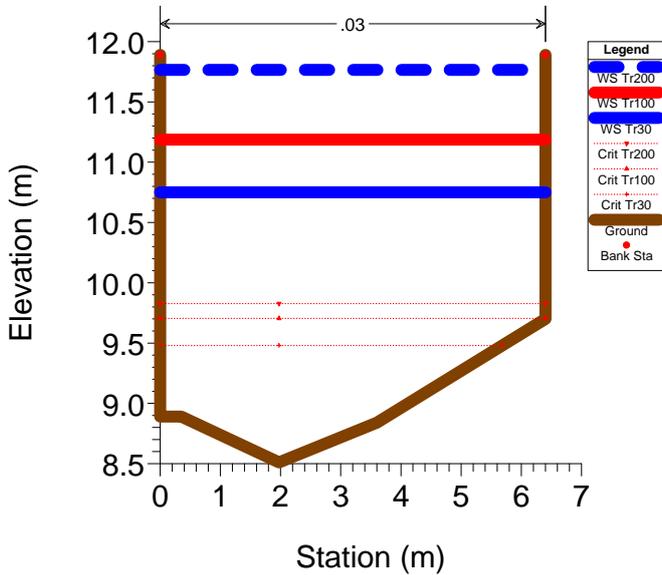
### RS = 32.5 BR



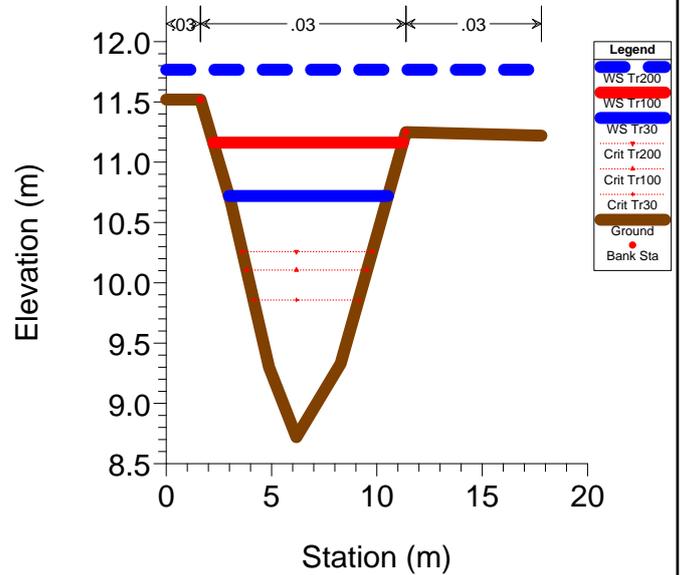
### RS = 32.5 BR



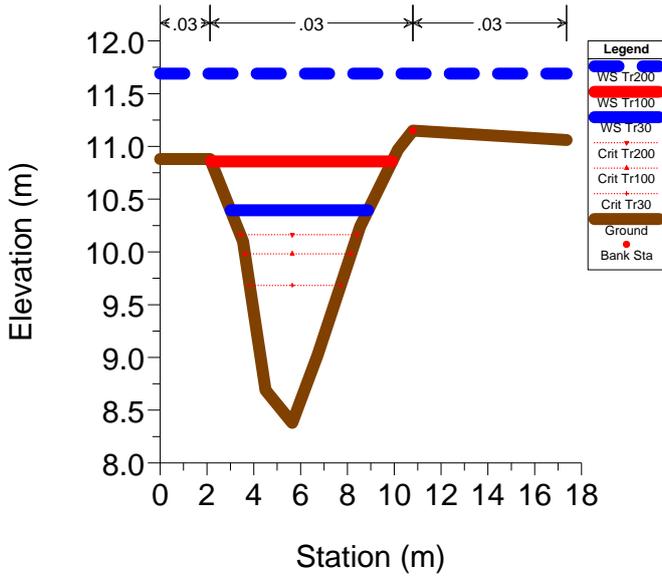
### RS = 32



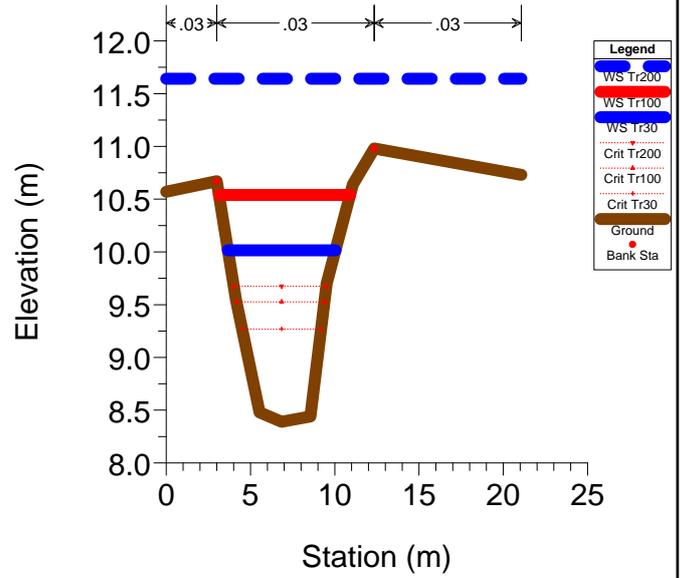
### RS = 31



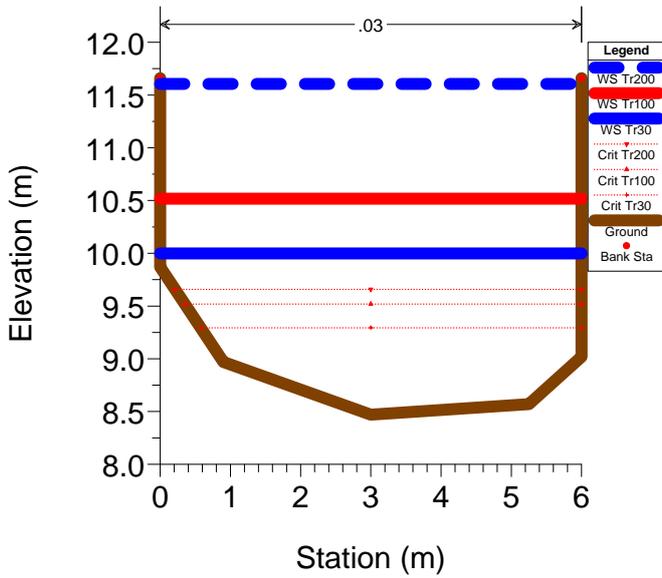
### RS = 30



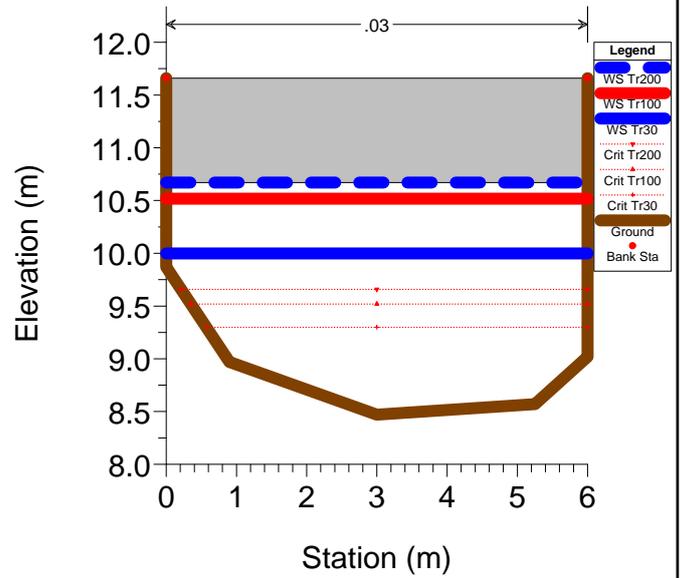
### RS = 29



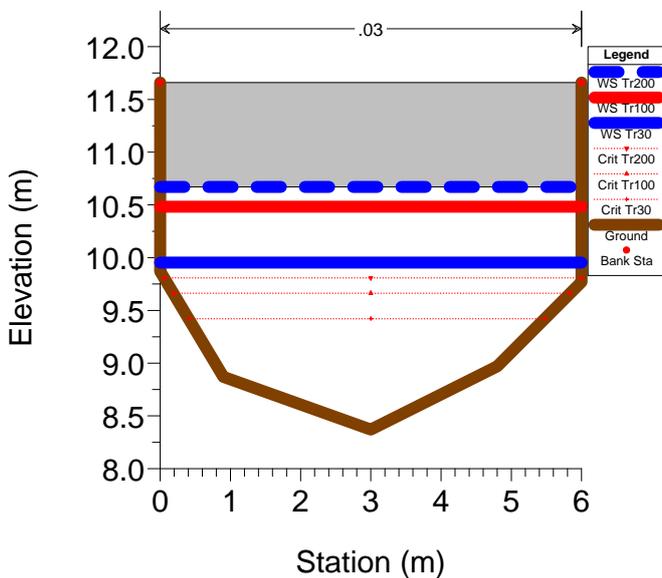
### RS = 28



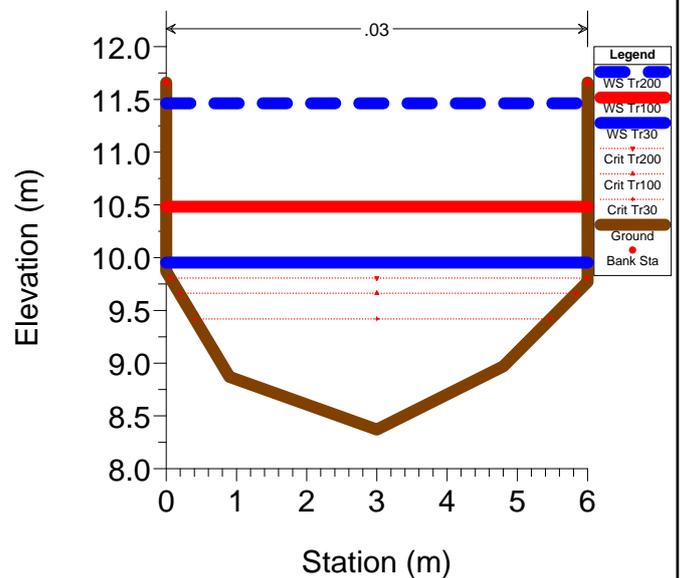
### RS = 27.5 BR



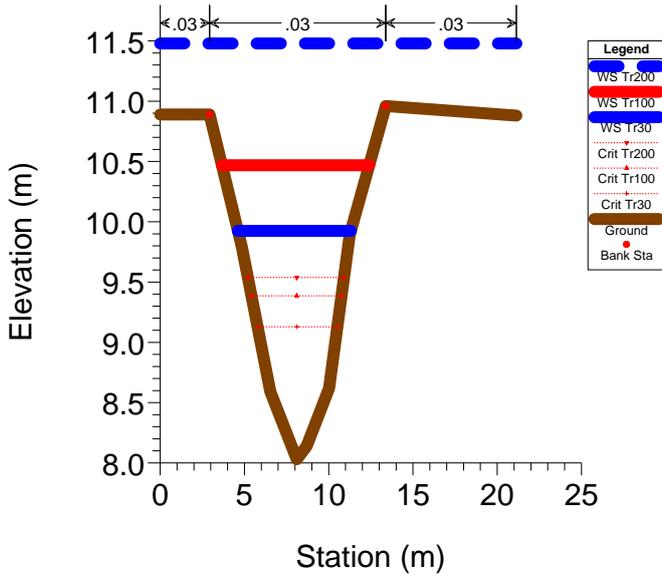
### RS = 27.5 BR



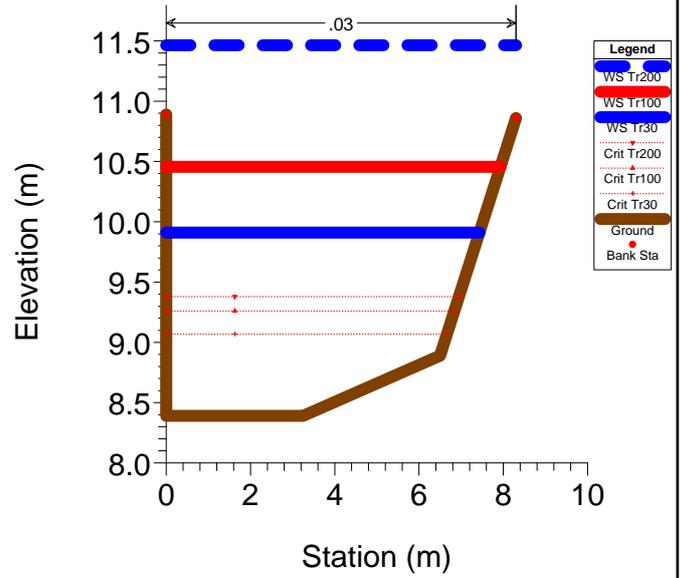
### RS = 27



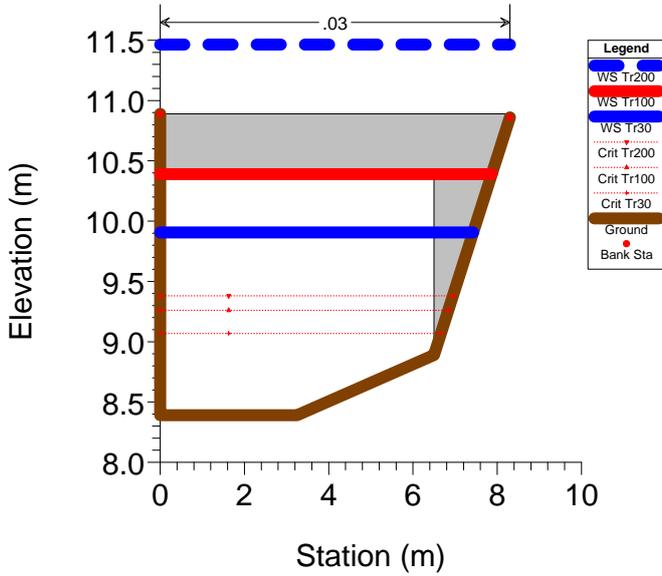
### RS = 26



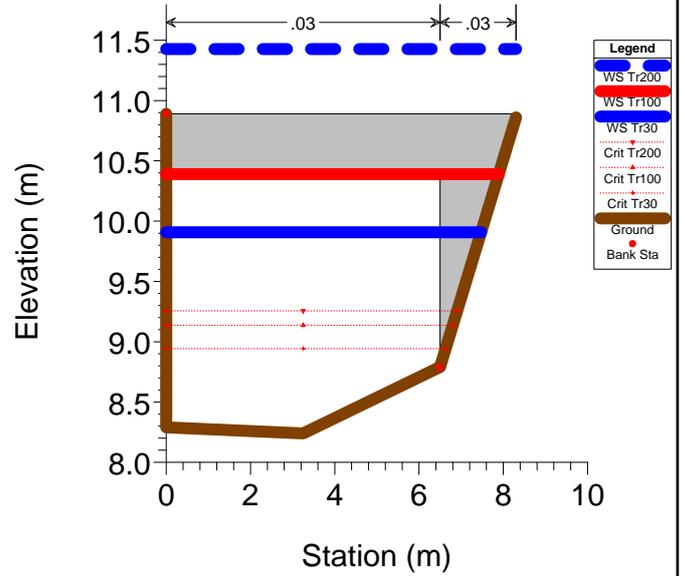
### RS = 25



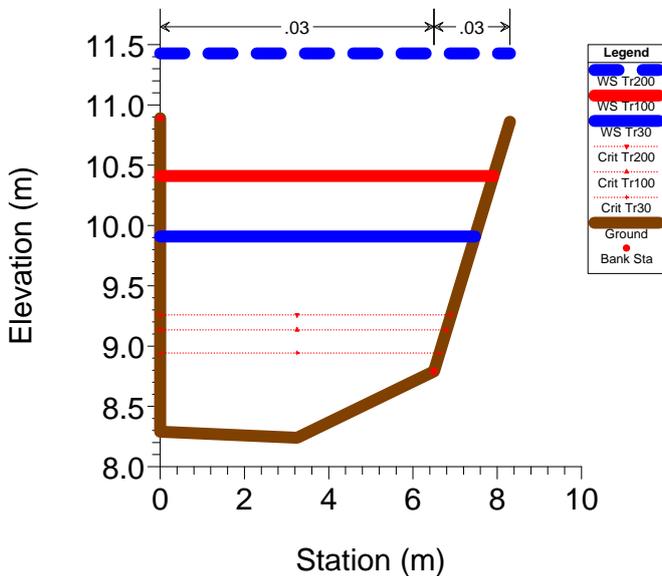
### RS = 24.5 BR



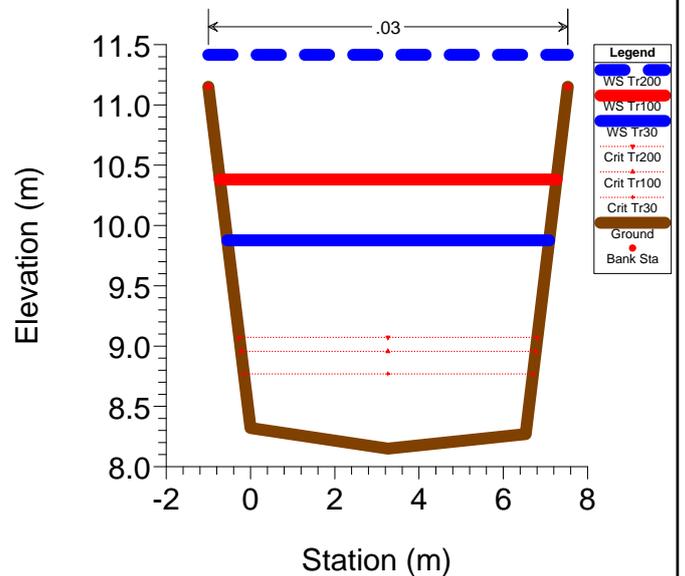
### RS = 24.5 BR



### RS = 24

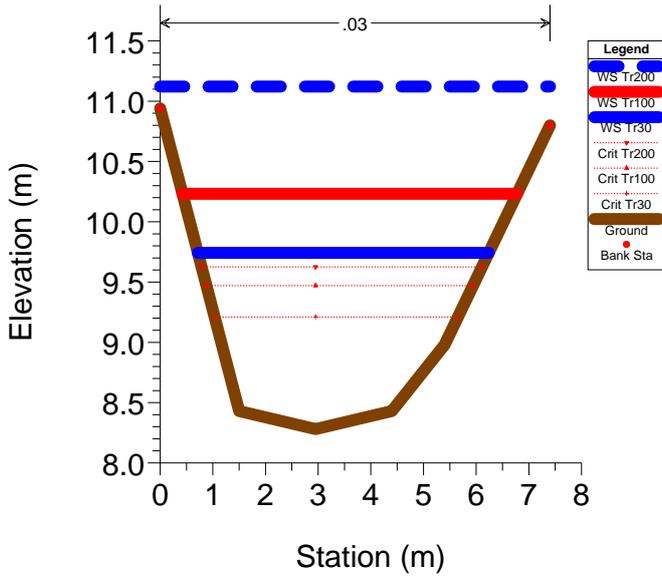


### RS = 23

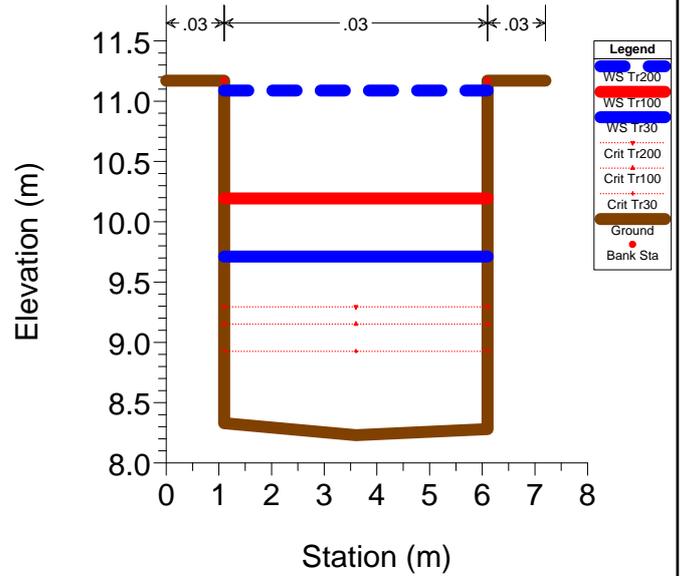




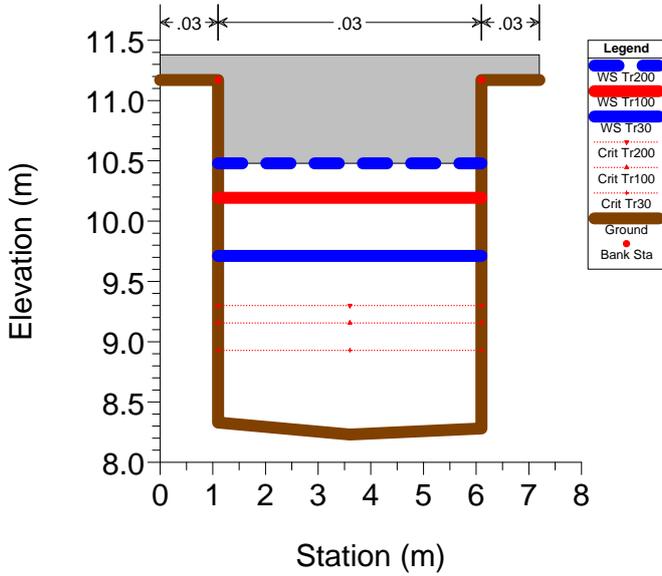
### RS = 20



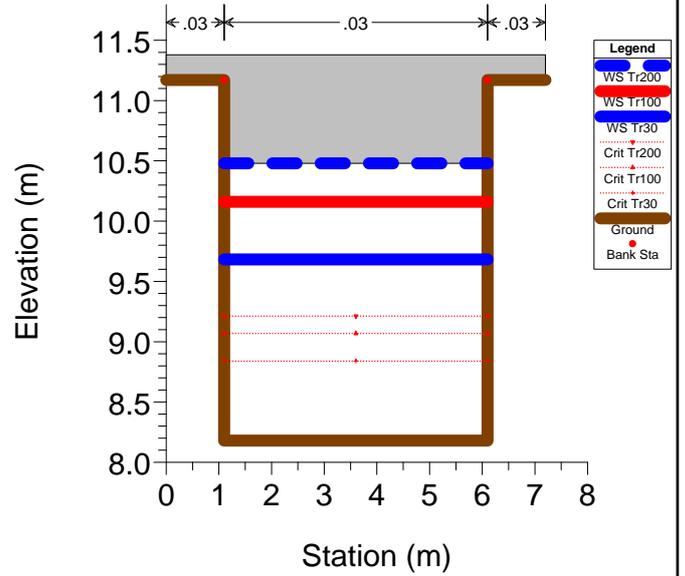
### RS = 19 Autostrada A11



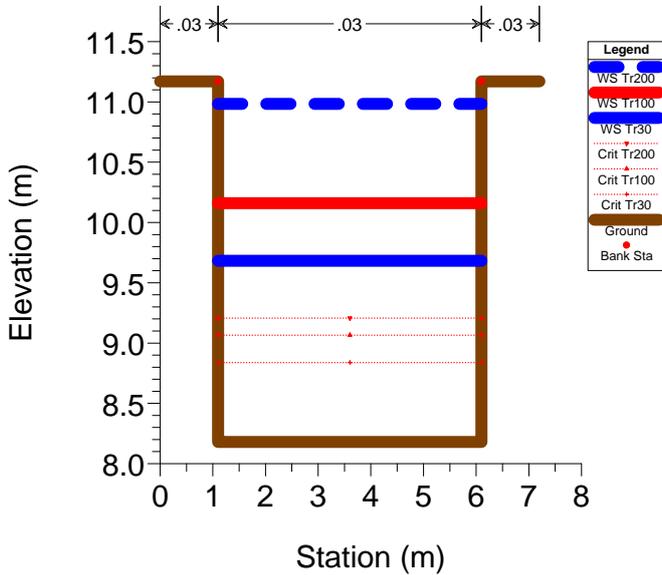
### RS = 18.5 BR



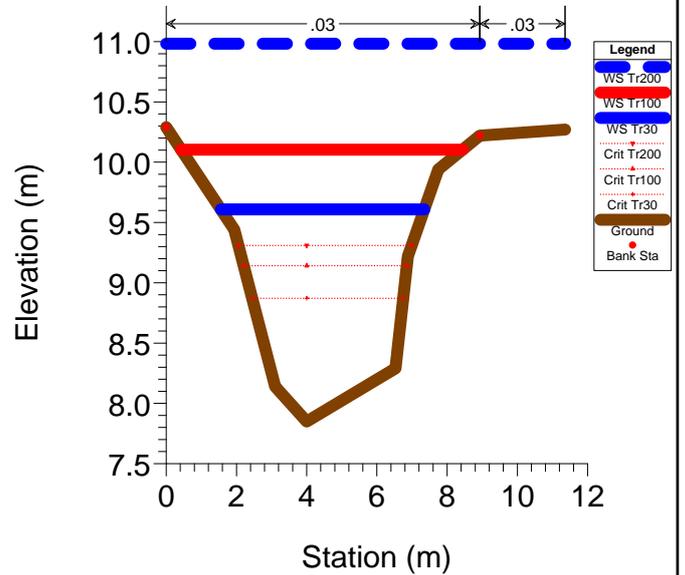
### RS = 18.5 BR



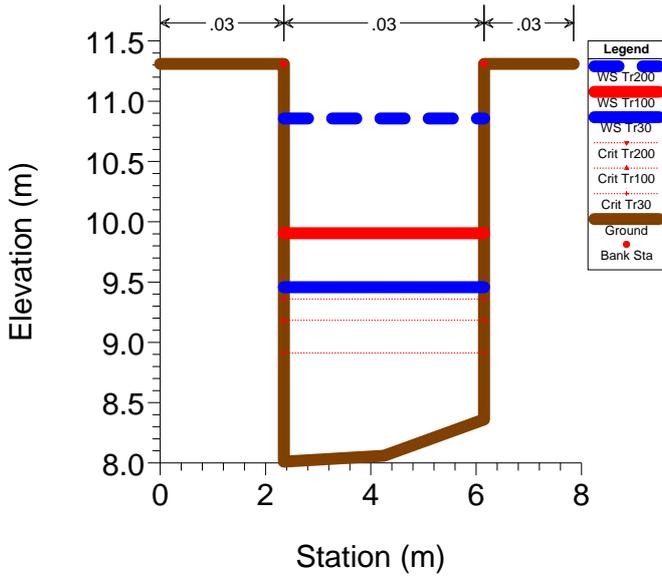
### RS = 18 Autostrada A11



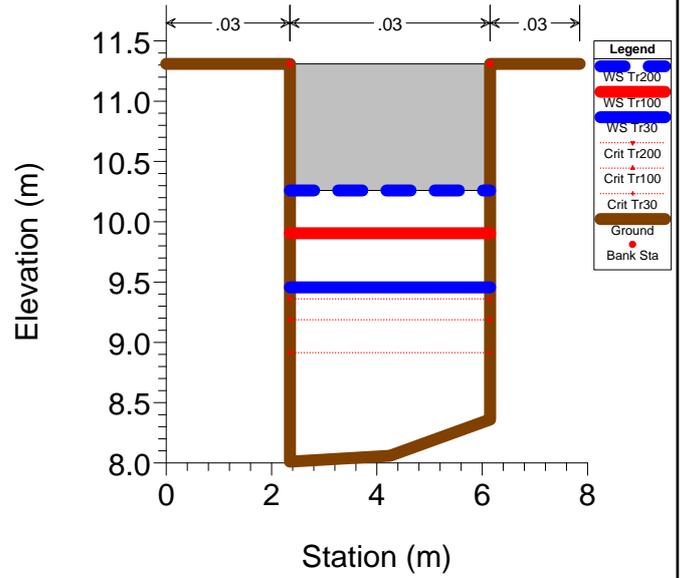
### RS = 17



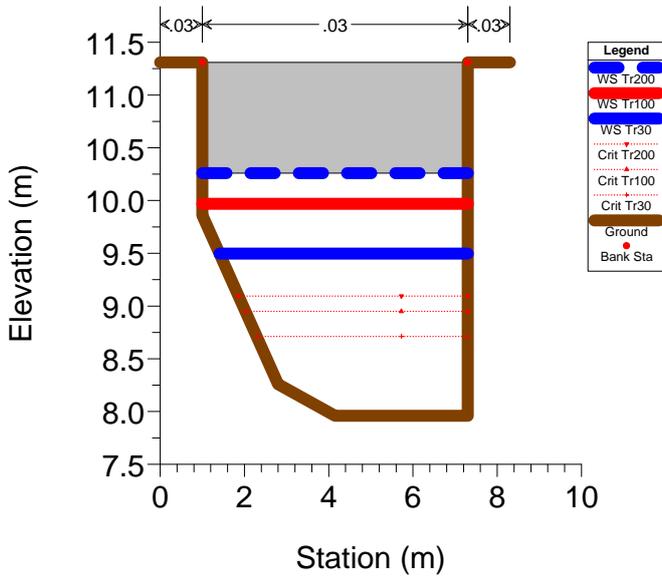
### RS = 16 Via di Lucia



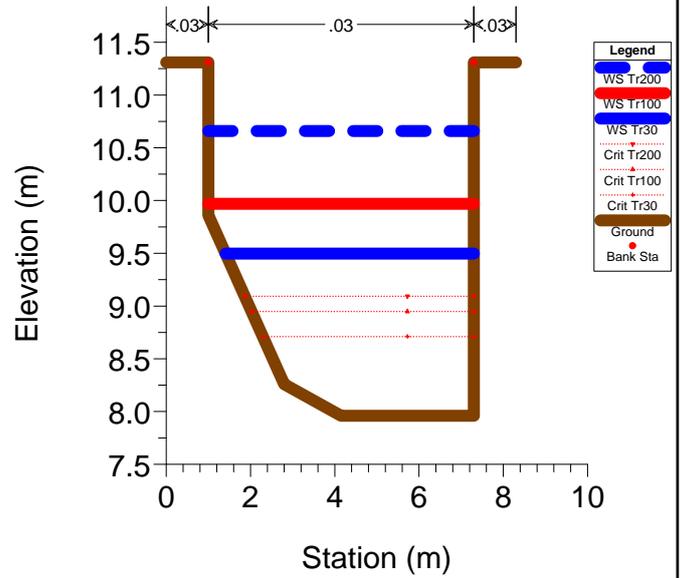
### RS = 15.5 BR



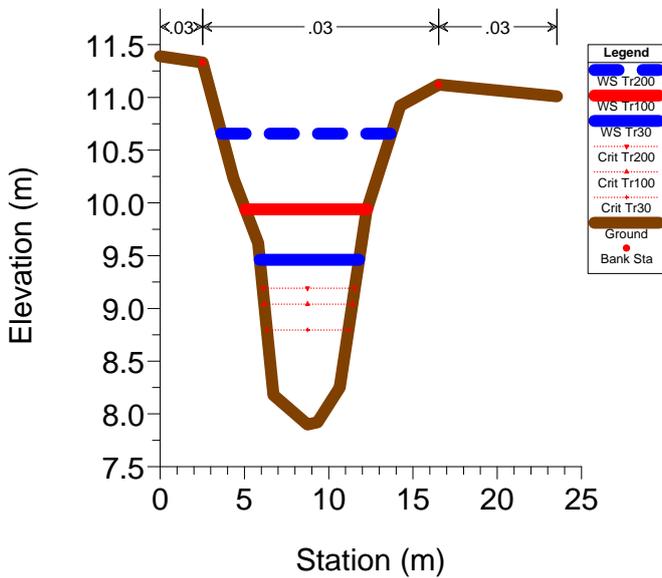
### RS = 15.5 BR



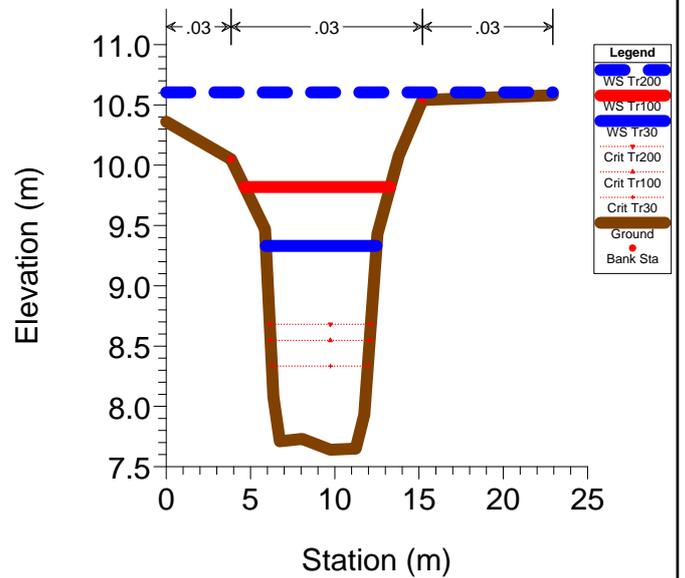
### RS = 15 Via di Lucia



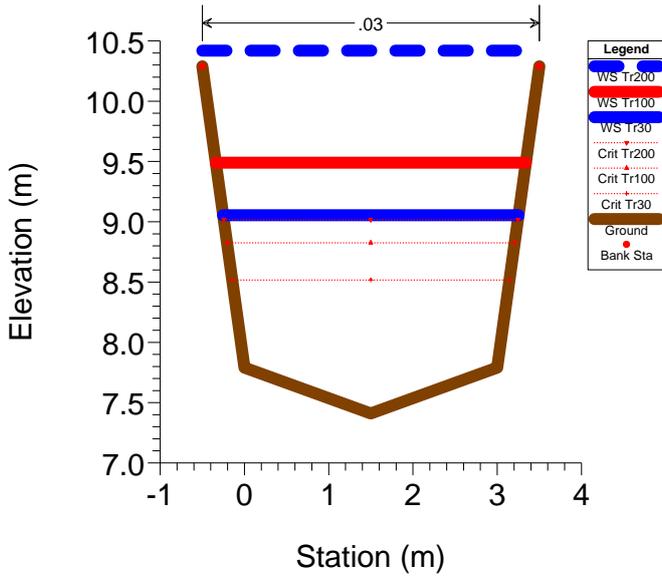
### RS = 14



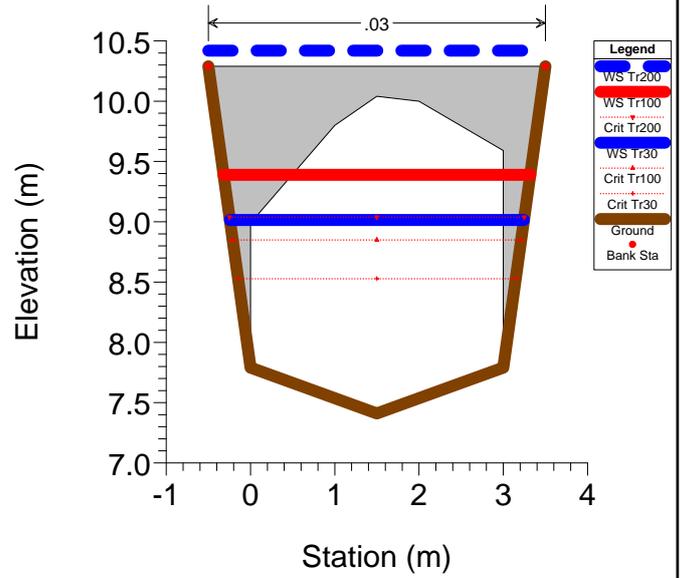
### RS = 13



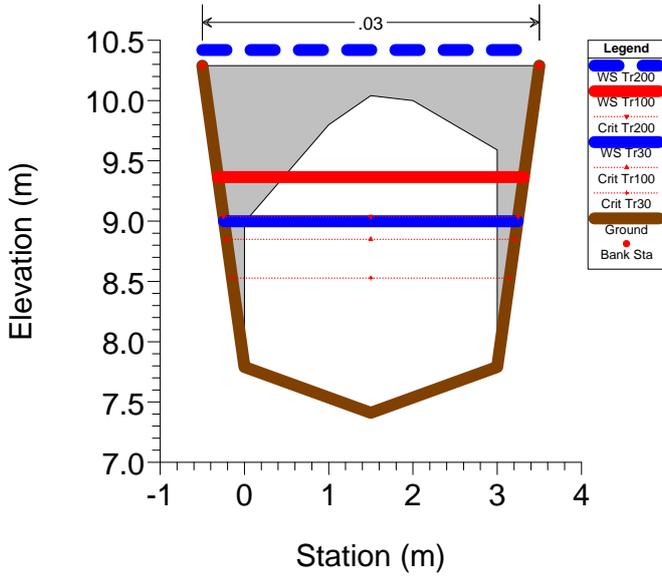
### RS = 12



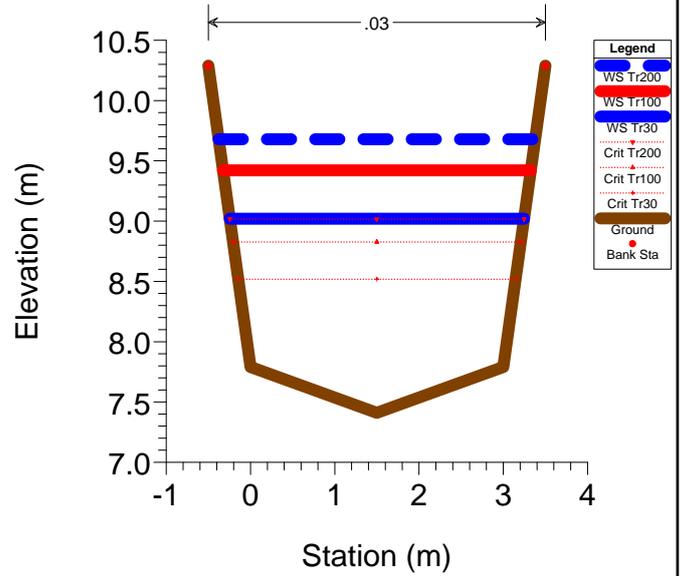
### RS = 11.5 BR



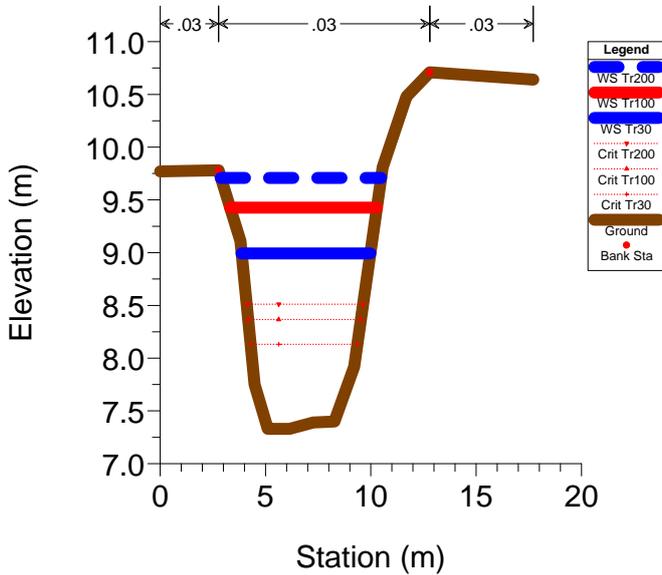
### RS = 11.5 BR



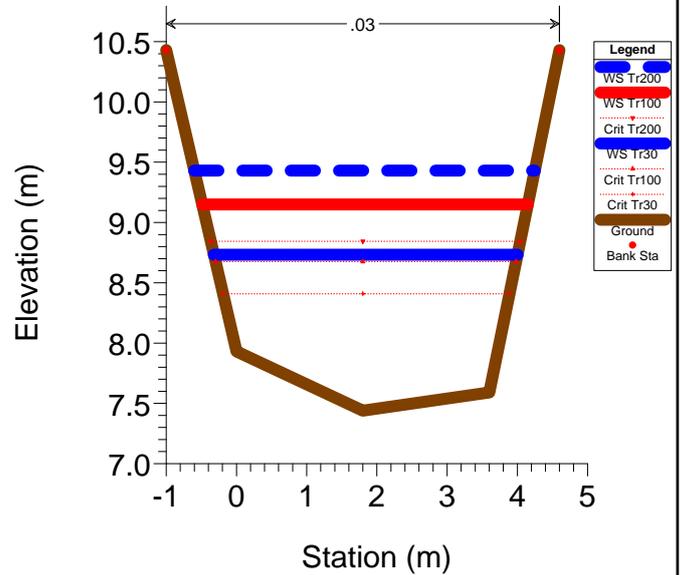
### RS = 11



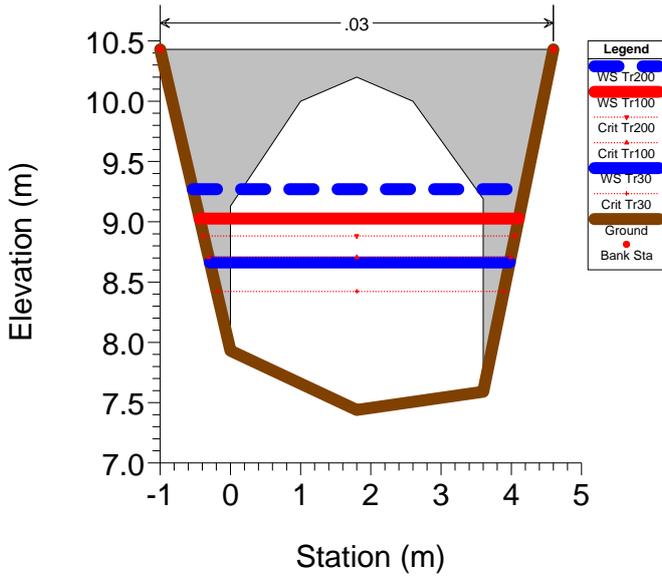
### RS = 10



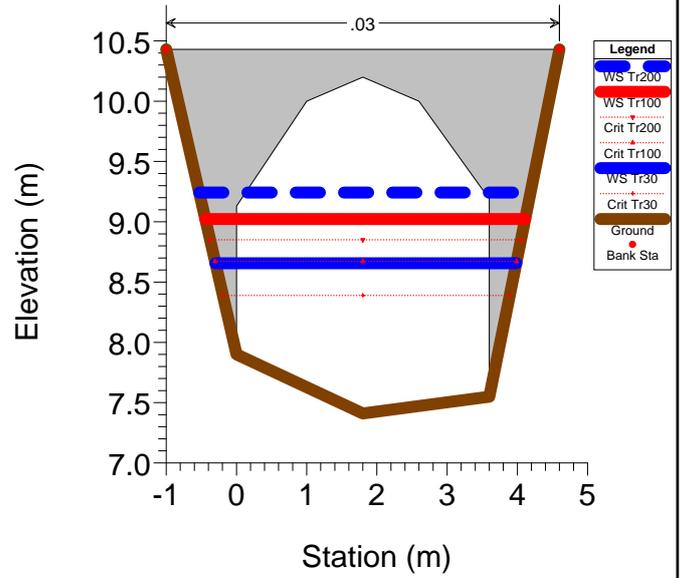
### RS = 9



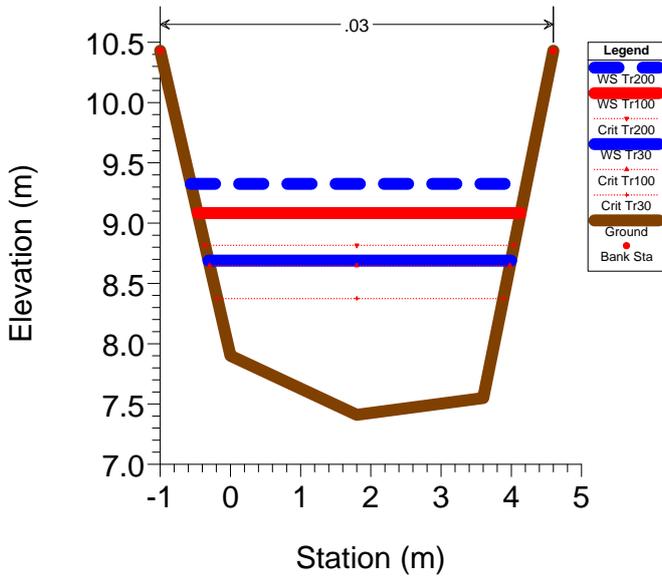
### RS = 8.5 BR



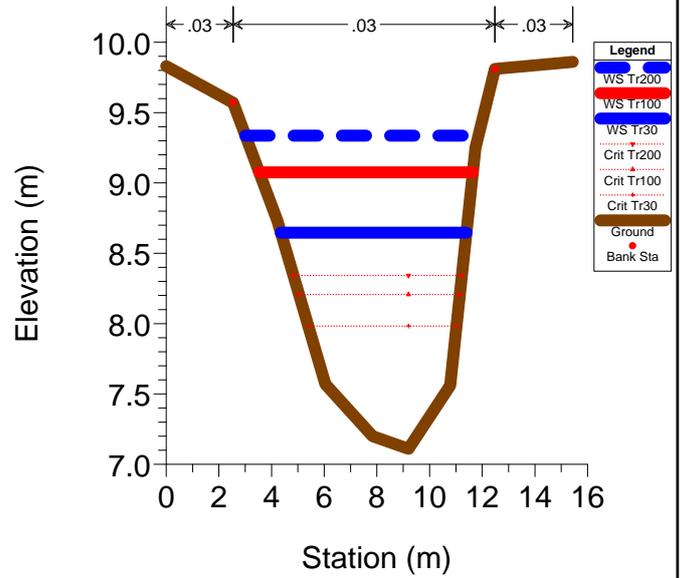
### RS = 8.5 BR



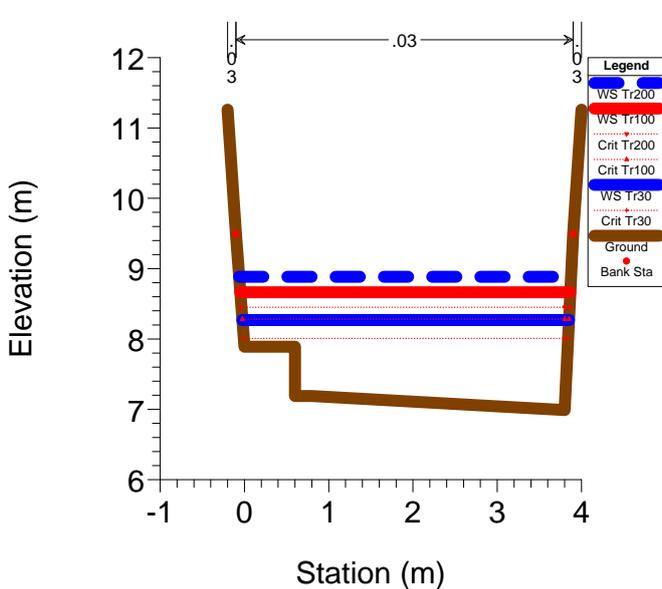
### RS = 8



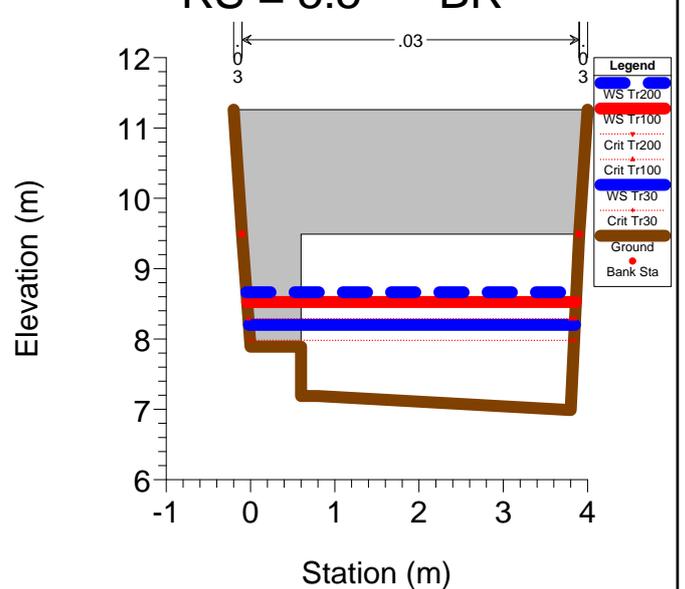
### RS = 7



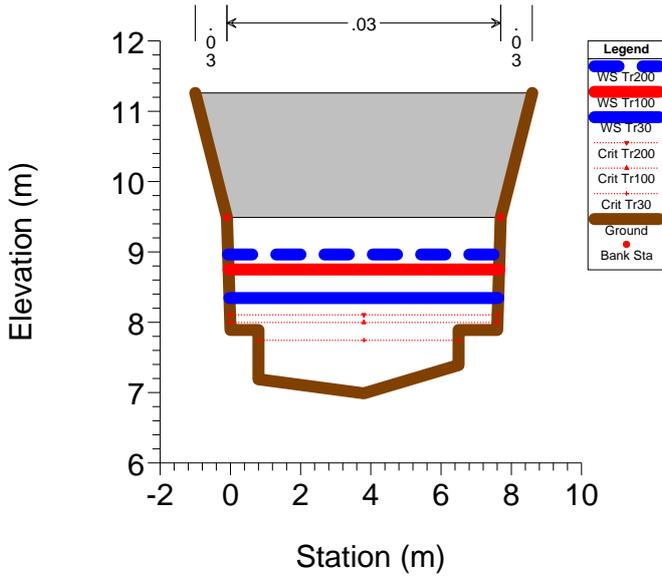
### RS = 6 Strada comunale lungo il Rogio



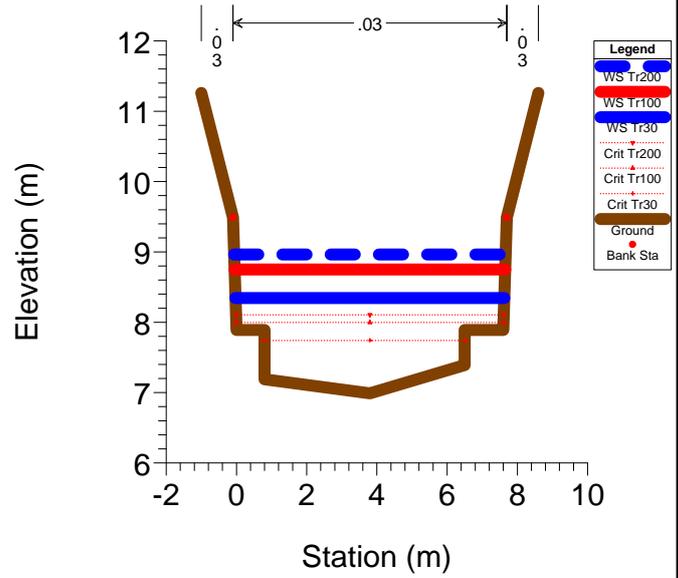
### RS = 5.5 BR



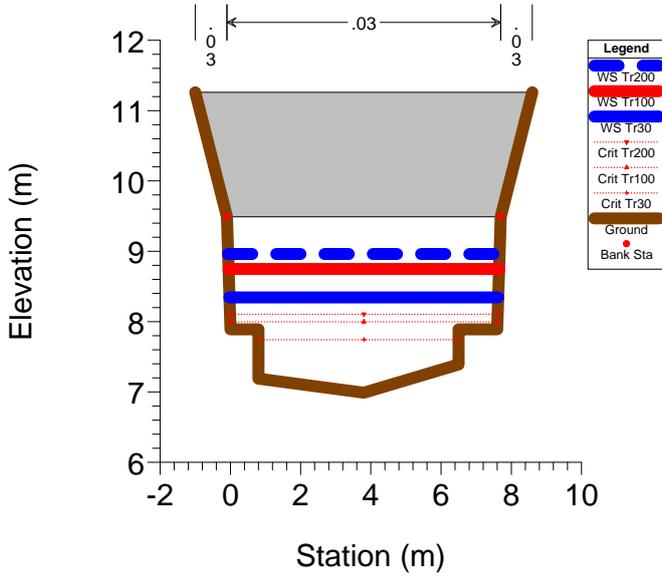
### RS = 5.5 BR



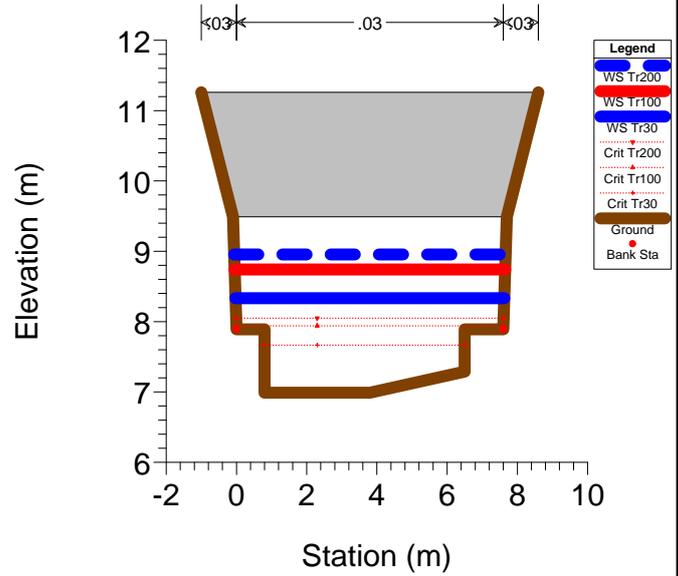
### RS = 5 Strada comunale lungo il Roggio



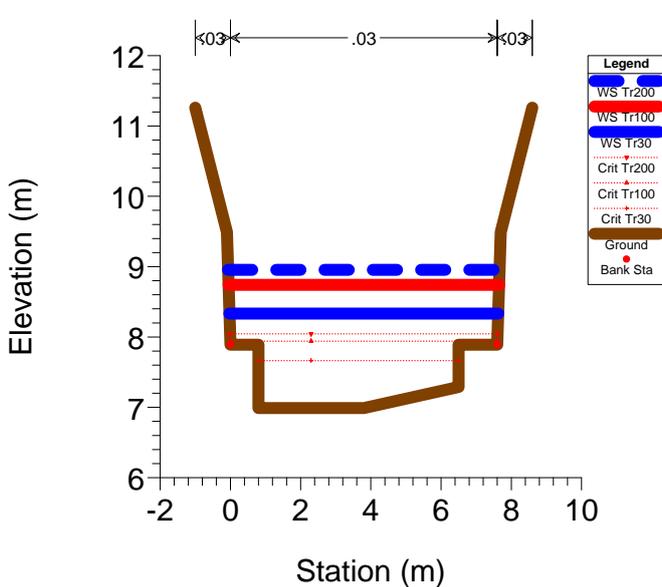
### RS = 4.5 BR



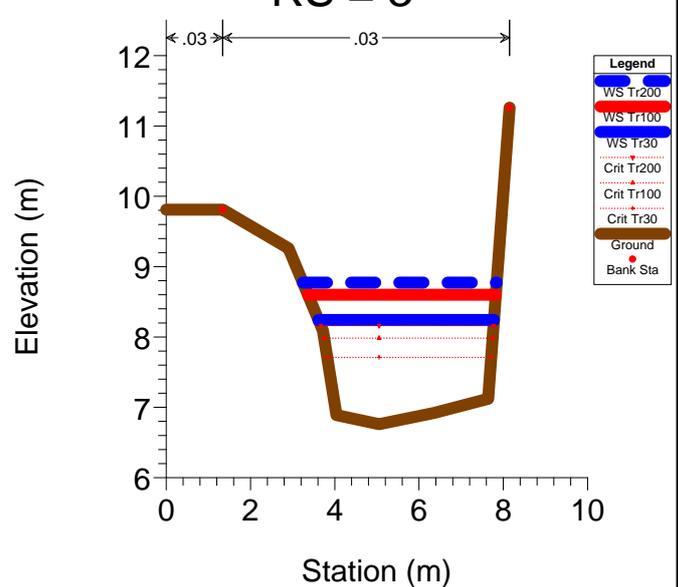
### RS = 4.5 BR



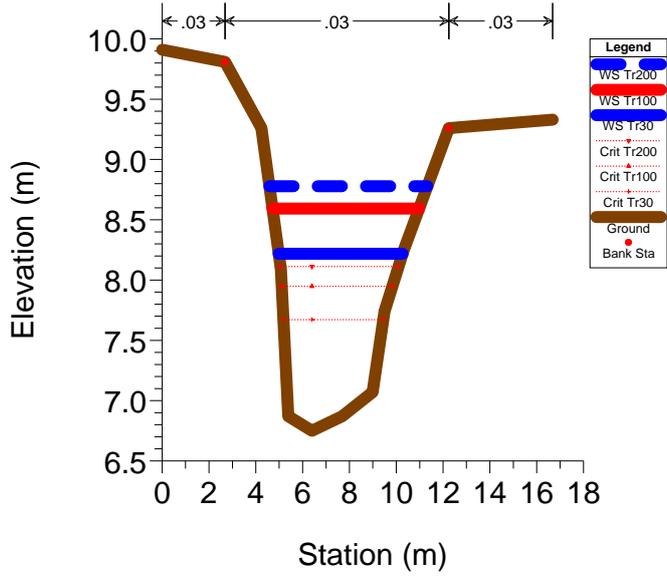
### RS = 4 Strada comunale lungo il Roggio



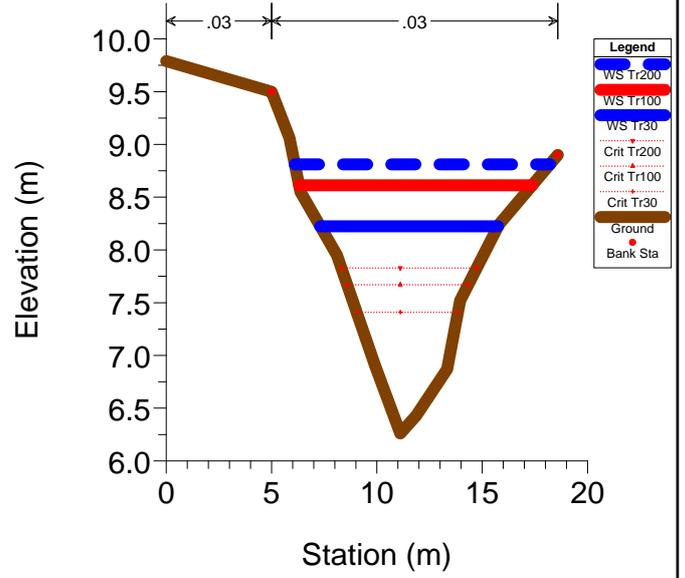
### RS = 3



### RS = 2



### RS = 1



HEC-RAS Plan: SF\_con\_ponti River: Frizzone Reach: Frizzone

| Reach    | River Sta | Q Total<br>(m3/s) | Min Ch El<br>(m) | W.S. Elev<br>(m) | Crit W.S.<br>(m) | E.G. Elev<br>(m) | E.G. Slope<br>(m/m) | Vel Chnl<br>(m/s) | Flow Area<br>(m2) | Top Width<br>(m) | Froude # Chl |
|----------|-----------|-------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|---------------------|-------------------|-------------------|------------------|--------------|
| Frizzone | 89        | 8.40              | 12.83            | 14.54            | 13.91            | 14.61            | 0.001418            | 1.28              | 7.46              | 10.00            | 0.37         |
| Frizzone | 89        | 13.10             | 12.83            | 14.96            | 14.24            | 15.04            | 0.001005            | 1.31              | 11.75             | 10.00            | 0.32         |
| Frizzone | 89        | 16.40             | 12.83            | 15.88            | 14.44            | 15.91            | 0.000291            | 0.94              | 20.88             | 10.00            | 0.19         |
| Frizzone | 88        | 8.40              | 12.66            | 14.49            | 13.74            | 14.55            | 0.000943            | 1.12              | 8.73              | 10.00            | 0.30         |
| Frizzone | 88        | 13.10             | 12.66            | 14.93            | 14.07            | 14.99            | 0.000729            | 1.18              | 13.13             | 10.00            | 0.28         |
| Frizzone | 88        | 16.40             | 12.66            | 15.87            | 14.27            | 15.90            | 0.000233            | 0.88              | 22.48             | 10.00            | 0.17         |
| Frizzone | 87.8      | 8.40              | 12.82            | 14.41            | 14.31            | 14.54            | 0.000966            | 1.81              | 5.68              | 10.00            | 0.46         |
| Frizzone | 87.8      | 13.10             | 12.82            | 14.91            | 14.46            | 14.99            | 0.000364            | 1.34              | 10.66             | 10.00            | 0.29         |
| Frizzone | 87.8      | 16.40             | 12.82            | 15.87            | 14.54            | 15.90            | 0.000081            | 0.81              | 20.20             | 10.00            | 0.15         |
| Frizzone | 87.2      | 8.40              | 12.82            | 14.40            | 14.31            | 14.54            | 0.001027            | 1.86              | 5.55              | 10.00            | 0.47         |
| Frizzone | 87.2      | 13.10             | 12.82            | 14.91            | 14.46            | 14.99            | 0.000368            | 1.34              | 10.63             | 10.00            | 0.30         |
| Frizzone | 87.2      | 16.40             | 12.82            | 15.86            | 14.54            | 15.90            | 0.000081            | 0.81              | 20.19             | 10.00            | 0.15         |
| Frizzone | 87        | 8.40              | 12.63            | 14.45            | 13.72            | 14.51            | 0.001025            | 1.15              | 8.44              | 10.00            | 0.31         |
| Frizzone | 87        | 13.10             | 12.63            | 14.92            | 14.05            | 14.98            | 0.000727            | 1.18              | 13.13             | 10.00            | 0.28         |
| Frizzone | 87        | 16.40             | 12.63            | 15.87            | 14.24            | 15.90            | 0.000231            | 0.87              | 22.58             | 10.00            | 0.17         |
| Frizzone | 86        | 8.40              | 12.27            | 14.35            | 13.94            | 14.40            | 0.001130            | 1.08              | 9.17              | 11.00            | 0.30         |
| Frizzone | 86        | 13.10             | 12.27            | 14.87            | 14.10            | 14.91            | 0.000653            | 1.03              | 14.80             | 11.00            | 0.24         |
| Frizzone | 86        | 16.40             | 12.27            | 15.85            | 14.19            | 15.87            | 0.000194            | 0.75              | 25.64             | 11.00            | 0.14         |
| Frizzone | 85.5      | Culvert           |                  |                  |                  |                  |                     |                   |                   |                  |              |
| Frizzone | 85        | 8.40              | 12.27            | 14.29            | 13.92            | 14.35            | 0.001336            | 1.15              | 8.70              | 11.00            | 0.33         |
| Frizzone | 85        | 13.10             | 12.27            | 14.84            | 14.08            | 14.89            | 0.000662            | 1.03              | 14.75             | 11.00            | 0.24         |
| Frizzone | 85        | 16.40             | 12.27            | 15.84            | 14.17            | 15.86            | 0.000193            | 0.75              | 25.74             | 11.00            | 0.14         |
| Frizzone | 84        | 8.40              | 12.20            | 13.96            | 13.60            | 14.13            | 0.004645            | 1.80              | 4.66              | 4.58             | 0.57         |
| Frizzone | 84        | 13.10             | 12.20            | 14.62            | 13.89            | 14.77            | 0.002752            | 1.71              | 7.65              | 4.58             | 0.42         |
| Frizzone | 84        | 16.40             | 12.20            | 15.74            | 14.04            | 15.82            | 0.001085            | 1.28              | 12.79             | 4.58             | 0.24         |
| Frizzone | 83.5      | Bridge            |                  |                  |                  |                  |                     |                   |                   |                  |              |
| Frizzone | 83        | 8.40              | 11.78            | 13.35            | 13.35            | 14.04            | 0.027630            | 3.69              | 2.28              | 1.65             | 1.00         |
| Frizzone | 83        | 13.10             | 11.78            | 13.83            | 13.83            | 14.76            | 0.032836            | 4.27              | 3.07              | 1.65             | 1.00         |
| Frizzone | 83        | 16.40             | 11.78            | 13.55            | 14.13            | 15.56            | 0.075765            | 6.29              | 2.61              | 1.65             | 1.60         |
| Frizzone | 82        | 8.40              | 11.69            | 13.20            | 12.74            | 13.31            | 0.002658            | 1.53              | 5.50              | 5.59             | 0.49         |
| Frizzone | 82        | 13.10             | 11.69            | 13.97            | 13.01            | 14.03            | 0.000774            | 1.14              | 12.96             | 11.80            | 0.29         |
| Frizzone | 82        | 16.40             | 11.69            | 14.28            | 13.16            | 14.34            | 0.000602            | 1.13              | 16.61             | 11.80            | 0.26         |
| Frizzone | 81        | 8.40              | 11.41            | 13.09            | 12.32            | 13.16            | 0.001274            | 1.17              | 7.16              | 5.84             | 0.34         |
| Frizzone | 81        | 13.10             | 11.41            | 13.94            | 12.58            | 13.98            | 0.000466            | 0.94              | 15.68             | 13.53            | 0.22         |
| Frizzone | 81        | 16.40             | 11.41            | 14.26            | 12.74            | 14.30            | 0.000383            | 0.94              | 19.96             | 13.53            | 0.20         |
| Frizzone | 80        | 8.40              | 10.92            | 12.93            | 11.85            | 12.96            | 0.000476            | 0.80              | 10.58             | 9.52             | 0.22         |
| Frizzone | 80        | 13.10             | 10.92            | 13.89            | 12.08            | 13.91            | 0.000175            | 0.65              | 21.73             | 11.71            | 0.14         |
| Frizzone | 80        | 16.40             | 10.92            | 14.21            | 12.23            | 14.24            | 0.000175            | 0.69              | 25.48             | 11.71            | 0.14         |
| Frizzone | 79        | 8.40              | 10.89            | 12.87            | 11.79            | 12.90            | 0.000481            | 0.81              | 10.76             | 10.95            | 0.22         |
| Frizzone | 79        | 13.10             | 10.89            | 13.87            | 12.03            | 13.89            | 0.000170            | 0.65              | 21.78             | 10.95            | 0.13         |
| Frizzone | 79        | 16.40             | 10.89            | 14.19            | 12.17            | 14.22            | 0.000174            | 0.70              | 25.29             | 10.95            | 0.14         |
| Frizzone | 78        | 8.40              | 10.87            | 12.80            | 11.76            | 12.86            | 0.000830            | 1.12              | 7.91              | 4.75             | 0.27         |
| Frizzone | 78        | 13.10             | 10.87            | 13.82            | 12.02            | 13.87            | 0.000462            | 1.07              | 13.49             | 5.90             | 0.20         |
| Frizzone | 78        | 16.40             | 10.87            | 14.13            | 12.18            | 14.20            | 0.000502            | 1.20              | 15.30             | 5.90             | 0.22         |
| Frizzone | 77.5      | Bridge            |                  |                  |                  |                  |                     |                   |                   |                  |              |
| Frizzone | 77        | 8.40              | 11.07            | 12.72            | 11.87            | 12.79            | 0.001710            | 1.19              | 7.04              | 5.86             | 0.35         |
| Frizzone | 77        | 13.10             | 11.07            | 13.77            | 12.26            | 13.81            | 0.000622            | 0.96              | 13.65             | 6.45             | 0.21         |
| Frizzone | 77        | 16.40             | 11.07            | 14.09            | 12.41            | 14.14            | 0.000656            | 1.04              | 15.73             | 6.45             | 0.21         |
| Frizzone | 76        | 8.40              | 10.68            | 12.73            | 11.60            | 12.77            | 0.000563            | 0.87              | 9.77              | 8.49             | 0.23         |
| Frizzone | 76        | 13.10             | 10.68            | 13.78            | 11.86            | 13.80            | 0.000188            | 0.70              | 21.00             | 12.68            | 0.14         |
| Frizzone | 76        | 16.40             | 10.68            | 14.10            | 12.02            | 14.13            | 0.000178            | 0.74              | 25.15             | 12.68            | 0.14         |
| Frizzone | 75        | 8.40              | 10.63            | 12.57            | 11.55            | 12.62            | 0.000669            | 0.92              | 9.09              | 6.63             | 0.25         |
| Frizzone | 75        | 13.10             | 10.63            | 13.74            | 11.80            | 13.76            | 0.000141            | 0.63              | 24.14             | 13.66            | 0.13         |
| Frizzone | 75        | 16.40             | 10.63            | 14.07            | 11.95            | 14.09            | 0.000135            | 0.66              | 28.64             | 13.66            | 0.13         |

HEC-RAS Plan: SF\_con\_ponti River: Frizzone Reach: Frizzone (Continued)

| Reach    | River Sta | Q Total<br>(m3/s) | Min Ch El<br>(m) | W.S. Elev<br>(m) | Crit W.S.<br>(m) | E.G. Elev<br>(m) | E.G. Slope<br>(m/m) | Vel Chnl<br>(m/s) | Flow Area<br>(m2) | Top Width<br>(m) | Froude # Chl |
|----------|-----------|-------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|---------------------|-------------------|-------------------|------------------|--------------|
| Frizzone | 74        | 8.40              | 10.40            | 12.33            | 11.47            | 12.42            | 0.001659            | 1.32              | 6.37              | 4.01             | 0.33         |
| Frizzone | 74        | 13.10             | 10.40            | 13.69            | 11.75            | 13.72            | 0.000309            | 0.83              | 18.36             | 10.17            | 0.15         |
| Frizzone | 74        | 16.40             | 10.40            | 14.02            | 11.92            | 14.05            | 0.000301            | 0.88              | 21.71             | 10.17            | 0.16         |
| Frizzone | 73        | 8.40              | 10.05            | 12.31            | 11.29            | 12.40            | 0.001709            | 1.33              | 6.34              | 3.40             | 0.31         |
| Frizzone | 73        | 13.10             | 10.05            | 13.64            | 11.59            | 13.71            | 0.000771            | 1.16              | 11.80             | 4.55             | 0.21         |
| Frizzone | 73        | 16.40             | 10.05            | 13.95            | 11.78            | 14.04            | 0.000868            | 1.31              | 13.22             | 4.55             | 0.22         |
| Frizzone | 72.5      | Bridge            |                  |                  |                  |                  |                     |                   |                   |                  |              |
| Frizzone | 72        | 8.40              | 10.43            | 12.28            | 11.39            | 12.36            | 0.001395            | 1.22              | 6.87              | 4.59             | 0.32         |
| Frizzone | 72        | 13.10             | 10.43            | 13.49            | 11.66            | 13.53            | 0.000565            | 0.96              | 13.68             | 6.11             | 0.20         |
| Frizzone | 72        | 16.40             | 10.43            | 13.81            | 11.84            | 13.86            | 0.000613            | 1.05              | 15.65             | 6.11             | 0.21         |
| Frizzone | 71        | 8.40              | 10.42            | 12.28            | 11.30            | 12.33            | 0.000795            | 0.97              | 8.70              | 6.81             | 0.27         |
| Frizzone | 71        | 13.10             | 10.42            | 13.50            | 11.57            | 13.52            | 0.000161            | 0.64              | 22.82             | 13.55            | 0.14         |
| Frizzone | 71        | 16.40             | 10.42            | 13.83            | 11.73            | 13.85            | 0.000151            | 0.68              | 27.25             | 13.55            | 0.13         |
| Frizzone | 70        | 8.40              | 10.18            | 11.95            | 11.20            | 12.03            | 0.001367            | 1.21              | 6.94              | 5.72             | 0.35         |
| Frizzone | 70        | 13.10             | 10.18            | 13.46            | 11.47            | 13.48            | 0.000148            | 0.64              | 23.71             | 13.40            | 0.13         |
| Frizzone | 70        | 16.40             | 10.18            | 13.79            | 11.63            | 13.81            | 0.000142            | 0.68              | 28.13             | 13.40            | 0.13         |
| Frizzone | 69        | 8.40              | 10.42            | 11.84            | 11.40            | 11.99            | 0.003584            | 1.71              | 4.91              | 4.50             | 0.52         |
| Frizzone | 69        | 13.10             | 10.42            | 13.44            | 11.68            | 13.47            | 0.000377            | 0.85              | 16.58             | 8.45             | 0.17         |
| Frizzone | 69        | 16.40             | 10.42            | 13.76            | 11.85            | 13.80            | 0.000385            | 0.91              | 19.34             | 8.45             | 0.17         |
| Frizzone | 68.5      | Bridge            |                  |                  |                  |                  |                     |                   |                   |                  |              |
| Frizzone | 68        | 8.40              | 10.33            | 11.91            | 11.09            | 11.95            | 0.000565            | 0.83              | 10.41             | 8.36             | 0.23         |
| Frizzone | 68        | 13.10             | 10.33            | 13.23            | 11.28            | 13.25            | 0.000138            | 0.64              | 22.09             | 9.06             | 0.13         |
| Frizzone | 68        | 16.40             | 10.33            | 13.59            | 11.40            | 13.61            | 0.000142            | 0.70              | 25.29             | 9.06             | 0.13         |
| Frizzone | 67.5      | Bridge            |                  |                  |                  |                  |                     |                   |                   |                  |              |
| Frizzone | 67        | 8.40              | 10.31            | 11.82            | 11.17            | 11.90            | 0.001509            | 1.24              | 6.75              | 5.72             | 0.37         |
| Frizzone | 67        | 13.10             | 10.31            | 13.05            | 11.41            | 13.09            | 0.000429            | 0.89              | 14.67             | 6.95             | 0.20         |
| Frizzone | 67        | 16.40             | 10.31            | 13.40            | 11.56            | 13.45            | 0.000440            | 0.96              | 17.11             | 6.95             | 0.19         |
| Frizzone | 66.9      | 8.40              | 10.30            | 11.86            | 10.83            | 11.88            | 0.000341            | 0.68              | 12.36             | 9.07             | 0.19         |
| Frizzone | 66.9      | 13.10             | 10.30            | 13.07            | 11.00            | 13.08            | 0.000118            | 0.52              | 25.89             | 20.31            | 0.12         |
| Frizzone | 66.9      | 16.40             | 10.30            | 13.42            | 11.11            | 13.44            | 0.000101            | 0.54              | 33.12             | 20.31            | 0.11         |
| Frizzone | 66        | 8.40              | 10.29            | 11.86            | 10.87            | 11.88            | 0.000267            | 0.57              | 14.85             | 13.24            | 0.17         |
| Frizzone | 66        | 13.10             | 10.29            | 13.07            | 11.08            | 13.08            | 0.000062            | 0.40              | 33.58             | 23.09            | 0.09         |
| Frizzone | 66        | 16.40             | 10.29            | 13.43            | 11.18            | 13.43            | 0.000056            | 0.41              | 41.80             | 23.09            | 0.08         |
| Frizzone | 65.9      | 8.40              | 10.28            | 11.85            | 10.86            | 11.87            | 0.000267            | 0.57              | 14.84             | 13.23            | 0.17         |
| Frizzone | 65.9      | 13.10             | 10.28            | 13.07            | 11.08            | 13.08            | 0.000062            | 0.40              | 33.62             | 23.09            | 0.09         |
| Frizzone | 65.9      | 16.40             | 10.28            | 13.42            | 11.17            | 13.43            | 0.000056            | 0.41              | 41.84             | 23.09            | 0.08         |
| Frizzone | 65.89     | 8.40              | 10.28            | 11.83            | 10.85            | 11.87            | 0.000648            | 0.87              | 9.65              | 6.26             | 0.22         |
| Frizzone | 65.89     | 13.10             | 10.28            | 13.05            | 11.05            | 13.07            | 0.000308            | 0.76              | 17.30             | 6.31             | 0.15         |
| Frizzone | 65.89     | 16.40             | 10.28            | 13.39            | 11.17            | 13.43            | 0.000349            | 0.84              | 19.50             | 6.31             | 0.15         |
| Frizzone | 65.85     | Bridge            |                  |                  |                  |                  |                     |                   |                   |                  |              |
| Frizzone | 65.81     | 8.40              | 10.28            | 11.80            | 10.85            | 11.84            | 0.000679            | 0.88              | 9.50              | 6.26             | 0.23         |
| Frizzone | 65.81     | 13.10             | 10.28            | 13.00            | 11.05            | 13.03            | 0.000321            | 0.77              | 17.02             | 6.31             | 0.15         |
| Frizzone | 65.81     | 16.40             | 10.28            | 13.34            | 11.17            | 13.38            | 0.000366            | 0.86              | 19.15             | 6.31             | 0.16         |
| Frizzone | 65.8      | 8.40              | 10.25            | 11.82            | 10.80            | 11.84            | 0.000327            | 0.61              | 13.76             | 12.70            | 0.19         |
| Frizzone | 65.8      | 13.10             | 10.25            | 13.02            | 10.98            | 13.03            | 0.000075            | 0.41              | 32.08             | 16.81            | 0.09         |
| Frizzone | 65.8      | 16.40             | 10.25            | 13.36            | 11.09            | 13.37            | 0.000072            | 0.43              | 37.82             | 16.81            | 0.09         |
| Frizzone | 65        | 8.40              | 9.69             | 11.76            | 10.69            | 11.79            | 0.000502            | 0.81              | 10.37             | 7.91             | 0.23         |
| Frizzone | 65        | 13.10             | 9.69             | 13.00            | 10.93            | 13.02            | 0.000094            | 0.52              | 28.99             | 18.16            | 0.11         |
| Frizzone | 65        | 16.40             | 9.69             | 13.35            | 11.07            | 13.36            | 0.000085            | 0.55              | 35.22             | 18.16            | 0.11         |
| Frizzone | 64        | 8.40              | 9.72             | 11.68            | 10.63            | 11.72            | 0.000526            | 0.83              | 10.17             | 8.98             | 0.23         |
| Frizzone | 64        | 13.10             | 9.72             | 12.99            | 10.86            | 13.00            | 0.000086            | 0.51              | 30.17             | 17.61            | 0.10         |
| Frizzone | 64        | 16.40             | 9.72             | 13.33            | 11.01            | 13.35            | 0.000079            | 0.54              | 36.23             | 17.61            | 0.10         |
| Frizzone | 63        | 8.40              | 9.47             | 11.67            | 10.51            | 11.71            | 0.000552            | 0.86              | 9.72              | 6.63             | 0.23         |
| Frizzone | 63        | 13.10             | 9.47             | 12.98            | 10.77            | 13.00            | 0.000202            | 0.68              | 19.35             | 7.60             | 0.14         |

HEC-RAS Plan: SF\_con\_ponti River: Frizzone Reach: Frizzone (Continued)

| Reach    | River Sta | Q Total<br>(m3/s) | Min Ch El<br>(m) | W.S. Elev<br>(m) | Crit W.S.<br>(m) | E.G. Elev<br>(m) | E.G. Slope<br>(m/m) | Vel Chnl<br>(m/s) | Flow Area<br>(m2) | Top Width<br>(m) | Froude # Chl |
|----------|-----------|-------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|---------------------|-------------------|-------------------|------------------|--------------|
| Frizzone | 63        | 16.40             | 9.47             | 13.32            | 10.93            | 13.34            | 0.000226            | 0.75              | 21.93             | 7.60             | 0.14         |
| Frizzone | 62.5      | Bridge            |                  |                  |                  |                  |                     |                   |                   |                  |              |
| Frizzone | 62        | 8.40              | 9.50             | 11.63            | 10.47            | 11.67            | 0.000554            | 0.87              | 9.70              | 6.61             | 0.23         |
| Frizzone | 62        | 13.10             | 9.50             | 12.81            | 10.73            | 12.83            | 0.000234            | 0.71              | 18.35             | 7.60             | 0.15         |
| Frizzone | 62        | 16.40             | 9.50             | 13.21            | 10.89            | 13.24            | 0.000241            | 0.77              | 21.40             | 7.60             | 0.15         |
| Frizzone | 61        | 8.40              | 9.64             | 11.56            | 10.53            | 11.60            | 0.000589            | 0.88              | 9.58              | 7.97             | 0.24         |
| Frizzone | 61        | 13.10             | 9.64             | 12.80            | 10.77            | 12.81            | 0.000105            | 0.54              | 28.71             | 18.65            | 0.11         |
| Frizzone | 61        | 16.40             | 9.64             | 13.20            | 10.91            | 13.22            | 0.000084            | 0.54              | 36.29             | 18.65            | 0.10         |
| Frizzone | 60        | 8.40              | 9.41             | 11.52            | 10.39            | 11.57            | 0.000698            | 0.96              | 8.78              | 5.38             | 0.24         |
| Frizzone | 60        | 13.10             | 9.41             | 12.76            | 10.64            | 12.80            | 0.000361            | 0.84              | 15.62             | 5.53             | 0.16         |
| Frizzone | 60        | 16.40             | 9.41             | 13.16            | 10.80            | 13.20            | 0.000403            | 0.92              | 17.82             | 5.53             | 0.16         |
| Frizzone | 59.5      | Bridge            |                  |                  |                  |                  |                     |                   |                   |                  |              |
| Frizzone | 59        | 8.40              | 9.30             | 11.52            | 10.24            | 11.56            | 0.000566            | 0.88              | 9.50              | 5.39             | 0.21         |
| Frizzone | 59        | 13.10             | 9.30             | 12.70            | 10.49            | 12.73            | 0.000341            | 0.82              | 16.01             | 5.53             | 0.15         |
| Frizzone | 59        | 16.40             | 9.30             | 13.11            | 10.64            | 13.15            | 0.000379            | 0.90              | 18.30             | 5.53             | 0.16         |
| Frizzone | 58        | 8.40              | 9.23             | 11.48            | 10.24            | 11.51            | 0.000378            | 0.72              | 11.66             | 8.60             | 0.20         |
| Frizzone | 58        | 13.10             | 9.23             | 12.70            | 10.47            | 12.71            | 0.000082            | 0.50              | 30.07             | 17.06            | 0.10         |
| Frizzone | 58        | 16.40             | 9.23             | 13.12            | 10.61            | 13.13            | 0.000069            | 0.50              | 37.21             | 17.06            | 0.09         |
| Frizzone | 57        | 8.40              | 9.25             | 11.42            | 10.30            | 11.46            | 0.000587            | 0.88              | 9.51              | 6.09             | 0.23         |
| Frizzone | 57        | 13.10             | 9.25             | 12.66            | 10.53            | 12.69            | 0.000265            | 0.75              | 17.56             | 6.55             | 0.15         |
| Frizzone | 57        | 16.40             | 9.25             | 13.08            | 10.68            | 13.11            | 0.000284            | 0.81              | 20.28             | 6.55             | 0.15         |
| Frizzone | 56.5      | Bridge            |                  |                  |                  |                  |                     |                   |                   |                  |              |
| Frizzone | 56        | 8.40              | 9.15             | 11.38            | 10.18            | 11.42            | 0.000513            | 0.85              | 9.94              | 6.08             | 0.21         |
| Frizzone | 56        | 13.10             | 9.15             | 12.60            | 10.41            | 12.63            | 0.000254            | 0.74              | 17.80             | 6.55             | 0.14         |
| Frizzone | 56        | 16.40             | 9.15             | 13.04            | 10.56            | 13.07            | 0.000269            | 0.79              | 20.64             | 6.55             | 0.14         |
| Frizzone | 55        | 8.40              | 9.03             | 11.33            | 10.11            | 11.36            | 0.000480            | 0.81              | 10.39             | 7.25             | 0.22         |
| Frizzone | 55        | 13.10             | 9.03             | 12.59            | 10.36            | 12.60            | 0.000107            | 0.51              | 29.35             | 18.63            | 0.10         |
| Frizzone | 55        | 16.40             | 9.03             | 13.03            | 10.51            | 13.04            | 0.000084            | 0.50              | 37.55             | 18.63            | 0.09         |
| Frizzone | 54        | 8.40              | 9.03             | 11.27            | 10.10            | 11.31            | 0.000563            | 0.87              | 9.60              | 6.12             | 0.22         |
| Frizzone | 54        | 13.10             | 9.03             | 12.56            | 10.35            | 12.59            | 0.000233            | 0.71              | 18.40             | 7.22             | 0.14         |
| Frizzone | 54        | 16.40             | 9.03             | 13.00            | 10.50            | 13.03            | 0.000239            | 0.76              | 21.56             | 7.22             | 0.14         |
| Frizzone | 53.5      | Bridge            |                  |                  |                  |                  |                     |                   |                   |                  |              |
| Frizzone | 53        | 8.40              | 8.95             | 11.21            | 10.21            | 11.28            | 0.001227            | 1.19              | 7.06              | 4.59             | 0.31         |
| Frizzone | 53        | 13.10             | 8.95             | 12.35            | 10.50            | 12.41            | 0.000604            | 1.02              | 12.90             | 5.35             | 0.21         |
| Frizzone | 53        | 16.40             | 8.95             | 12.87            | 10.68            | 12.92            | 0.000571            | 1.05              | 15.65             | 5.35             | 0.20         |
| Frizzone | 52        | 8.40              | 9.08             | 11.19            | 10.21            | 11.24            | 0.000788            | 0.96              | 8.79              | 7.90             | 0.28         |
| Frizzone | 52        | 13.10             | 9.08             | 12.37            | 10.48            | 12.39            | 0.000144            | 0.60              | 25.35             | 18.18            | 0.13         |
| Frizzone | 52        | 16.40             | 9.08             | 12.89            | 10.64            | 12.91            | 0.000092            | 0.56              | 34.81             | 18.18            | 0.11         |
| Frizzone | 51        | 8.40              | 9.04             | 11.14            | 10.14            | 11.21            | 0.001187            | 1.16              | 7.26              | 4.30             | 0.28         |
| Frizzone | 51        | 13.10             | 9.04             | 12.32            | 10.40            | 12.38            | 0.000711            | 1.04              | 12.55             | 4.90             | 0.21         |
| Frizzone | 51        | 16.40             | 9.04             | 12.84            | 10.56            | 12.90            | 0.000691            | 1.09              | 15.07             | 4.90             | 0.20         |
| Frizzone | 50.5      | Bridge            |                  |                  |                  |                  |                     |                   |                   |                  |              |
| Frizzone | 50        | 8.40              | 9.09             | 11.13            | 10.01            | 11.19            | 0.000924            | 1.05              | 8.03              | 4.53             | 0.25         |
| Frizzone | 50        | 13.10             | 9.09             | 12.10            | 10.27            | 12.16            | 0.000689            | 1.04              | 12.54             | 4.78             | 0.21         |
| Frizzone | 50        | 16.40             | 9.09             | 12.64            | 10.43            | 12.70            | 0.000694            | 1.09              | 15.10             | 5.10             | 0.20         |
| Frizzone | 49        | 8.40              | 8.99             | 11.13            | 10.00            | 11.17            | 0.000631            | 0.90              | 9.31              | 5.99             | 0.23         |
| Frizzone | 49        | 13.10             | 8.99             | 12.11            | 10.25            | 12.14            | 0.000308            | 0.80              | 17.45             | 9.35             | 0.16         |
| Frizzone | 49        | 16.40             | 8.99             | 12.65            | 10.39            | 12.68            | 0.000242            | 0.78              | 22.49             | 9.38             | 0.14         |
| Frizzone | 48        | 8.40              | 9.34             | 11.10            | 10.18            | 11.15            | 0.000863            | 1.00              | 8.41              | 5.92             | 0.27         |
| Frizzone | 48        | 13.10             | 9.34             | 12.10            | 10.41            | 12.13            | 0.000448            | 0.86              | 15.16             | 7.19             | 0.19         |
| Frizzone | 48        | 16.40             | 9.34             | 12.63            | 10.55            | 12.67            | 0.000372            | 0.86              | 19.02             | 7.19             | 0.17         |
| Frizzone | 47        | 8.40              | 9.35             | 11.13            | 9.84             | 11.14            | 0.000262            | 0.61              | 13.66             | 7.70             | 0.15         |
| Frizzone | 47        | 13.10             | 9.35             | 12.11            | 10.02            | 12.13            | 0.000182            | 0.62              | 21.24             | 7.70             | 0.12         |

HEC-RAS Plan: SF\_con\_ponti River: Frizzone Reach: Frizzone (Continued)

| Reach    | River Sta | Q Total<br>(m3/s) | Min Ch El<br>(m) | W.S. Elev<br>(m) | Crit W.S.<br>(m) | E.G. Elev<br>(m) | E.G. Slope<br>(m/m) | Vel Chnl<br>(m/s) | Flow Area<br>(m2) | Top Width<br>(m) | Froude # Chl |
|----------|-----------|-------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|---------------------|-------------------|-------------------|------------------|--------------|
| Frizzone | 47        | 16.40             | 9.35             | 12.65            | 10.12            | 12.67            | 0.000175            | 0.65              | 25.37             | 7.71             | 0.11         |
| Frizzone | 46.5      | Bridge            |                  |                  |                  |                  |                     |                   |                   |                  |              |
| Frizzone | 46        | 8.40              | 9.35             | 11.12            | 9.84             | 11.14            | 0.000263            | 0.62              | 13.65             | 7.70             | 0.15         |
| Frizzone | 46        | 13.10             | 9.35             | 12.11            | 10.01            | 12.13            | 0.000182            | 0.62              | 21.23             | 7.70             | 0.12         |
| Frizzone | 46        | 16.40             | 9.35             | 12.62            | 10.12            | 12.64            | 0.000178            | 0.65              | 25.18             | 7.71             | 0.12         |
| Frizzone | 45        | 8.40              | 9.21             | 11.01            | 10.41            | 11.13            | 0.002741            | 1.56              | 5.38              | 4.71             | 0.47         |
| Frizzone | 45        | 13.10             | 9.21             | 12.06            | 10.72            | 12.12            | 0.000736            | 1.10              | 12.44             | 8.00             | 0.26         |
| Frizzone | 45        | 16.40             | 9.21             | 12.59            | 10.91            | 12.64            | 0.000505            | 1.03              | 16.71             | 8.32             | 0.22         |
| Frizzone | 44        | 8.40              | 8.91             | 11.05            | 9.93             | 11.09            | 0.000552            | 0.85              | 9.87              | 6.79             | 0.23         |
| Frizzone | 44        | 13.10             | 8.91             | 12.08            | 10.17            | 12.11            | 0.000270            | 0.70              | 18.65             | 9.58             | 0.16         |
| Frizzone | 44        | 16.40             | 8.91             | 12.60            | 10.31            | 12.63            | 0.000192            | 0.67              | 26.28             | 19.34            | 0.14         |
| Frizzone | 43        | 8.40              | 8.65             | 11.05            | 9.55             | 11.08            | 0.000369            | 0.74              | 11.37             | 5.34             | 0.16         |
| Frizzone | 43        | 13.10             | 8.65             | 12.07            | 9.77             | 12.10            | 0.000319            | 0.77              | 16.98             | 5.64             | 0.14         |
| Frizzone | 43        | 16.40             | 8.65             | 12.59            | 9.91             | 12.62            | 0.000331            | 0.83              | 19.88             | 5.64             | 0.14         |
| Frizzone | 42.5      | Bridge            |                  |                  |                  |                  |                     |                   |                   |                  |              |
| Frizzone | 42        | 8.40              | 8.85             | 11.05            | 9.75             | 11.08            | 0.000491            | 0.82              | 10.26             | 5.34             | 0.19         |
| Frizzone | 42        | 13.10             | 8.85             | 12.04            | 9.97             | 12.07            | 0.000351            | 0.83              | 15.98             | 5.94             | 0.16         |
| Frizzone | 42        | 16.40             | 8.85             | 12.57            | 10.11            | 12.61            | 0.000332            | 0.88              | 19.16             | 5.94             | 0.15         |
| Frizzone | 41        | 8.40              | 8.92             | 10.99            | 9.82             | 11.02            | 0.000437            | 0.78              | 11.02             | 10.28            | 0.21         |
| Frizzone | 41        | 13.10             | 8.92             | 12.02            | 10.06            | 12.04            | 0.000160            | 0.62              | 22.46             | 11.88            | 0.14         |
| Frizzone | 41        | 16.40             | 8.92             | 12.57            | 10.21            | 12.58            | 0.000110            | 0.59              | 30.59             | 15.76            | 0.12         |
| Frizzone | 40        | 8.40              | 8.75             | 10.91            | 9.77             | 10.95            | 0.000620            | 0.91              | 9.20              | 5.85             | 0.23         |
| Frizzone | 40        | 13.10             | 8.75             | 11.97            | 10.03            | 12.01            | 0.000364            | 0.85              | 15.50             | 5.94             | 0.17         |
| Frizzone | 40        | 16.40             | 8.75             | 12.52            | 10.18            | 12.56            | 0.000347            | 0.87              | 18.75             | 5.94             | 0.16         |
| Frizzone | 39.5      | Bridge            |                  |                  |                  |                  |                     |                   |                   |                  |              |
| Frizzone | 39        | 8.40              | 8.70             | 10.86            | 9.72             | 10.91            | 0.000635            | 0.92              | 9.11              | 5.85             | 0.24         |
| Frizzone | 39        | 13.10             | 8.70             | 11.61            | 9.97             | 11.66            | 0.000521            | 0.97              | 13.53             | 5.94             | 0.20         |
| Frizzone | 39        | 16.40             | 8.70             | 12.25            | 10.13            | 12.29            | 0.000426            | 0.95              | 17.31             | 5.94             | 0.18         |
| Frizzone | 38        | 8.40              | 8.69             | 10.85            | 9.70             | 10.89            | 0.000464            | 0.86              | 9.92              | 6.24             | 0.21         |
| Frizzone | 38        | 13.10             | 8.69             | 11.60            | 9.94             | 11.64            | 0.000366            | 0.92              | 14.80             | 6.75             | 0.19         |
| Frizzone | 38        | 16.40             | 8.69             | 12.24            | 10.08            | 12.28            | 0.000285            | 0.90              | 19.12             | 6.75             | 0.16         |
| Frizzone | 37.5      | Bridge            |                  |                  |                  |                  |                     |                   |                   |                  |              |
| Frizzone | 37        | 8.40              | 8.59             | 10.85            | 9.55             | 10.88            | 0.000384            | 0.76              | 11.04             | 6.43             | 0.19         |
| Frizzone | 37        | 13.10             | 8.59             | 11.53            | 9.77             | 11.57            | 0.000362            | 0.84              | 15.62             | 7.00             | 0.18         |
| Frizzone | 37        | 16.40             | 8.59             | 12.20            | 9.91             | 12.23            | 0.000277            | 0.81              | 20.33             | 7.05             | 0.15         |
| Frizzone | 36        | 8.40              | 8.60             | 10.83            | 9.51             | 10.87            | 0.000537            | 0.85              | 9.94              | 5.97             | 0.21         |
| Frizzone | 36        | 13.10             | 8.60             | 11.51            | 9.76             | 11.56            | 0.000485            | 0.91              | 14.35             | 6.90             | 0.20         |
| Frizzone | 36        | 16.40             | 8.60             | 12.19            | 9.92             | 12.23            | 0.000351            | 0.86              | 18.99             | 6.90             | 0.17         |
| Frizzone | 35.5      | Bridge            |                  |                  |                  |                  |                     |                   |                   |                  |              |
| Frizzone | 35        | 8.40              | 8.55             | 10.83            | 9.36             | 10.86            | 0.000447            | 0.80              | 10.55             | 5.96             | 0.19         |
| Frizzone | 35        | 13.10             | 8.55             | 11.44            | 9.62             | 11.48            | 0.000468            | 0.90              | 14.49             | 6.87             | 0.20         |
| Frizzone | 35        | 16.40             | 8.55             | 12.11            | 9.78             | 12.15            | 0.000343            | 0.86              | 19.12             | 6.90             | 0.16         |
| Frizzone | 34        | 8.40              | 8.88             | 10.79            | 9.91             | 10.84            | 0.000818            | 0.94              | 8.90              | 8.00             | 0.29         |
| Frizzone | 34        | 13.10             | 8.88             | 11.43            | 10.16            | 11.46            | 0.000421            | 0.86              | 16.76             | 18.00            | 0.22         |
| Frizzone | 34        | 16.40             | 8.88             | 12.12            | 10.30            | 12.14            | 0.000149            | 0.65              | 29.18             | 18.00            | 0.14         |
| Frizzone | 33        | 8.40              | 8.56             | 10.78            | 9.55             | 10.81            | 0.000398            | 0.74              | 11.30             | 6.40             | 0.18         |
| Frizzone | 33        | 13.10             | 8.56             | 11.41            | 9.77             | 11.45            | 0.000414            | 0.86              | 15.32             | 6.40             | 0.18         |
| Frizzone | 33        | 16.40             | 8.56             | 12.09            | 9.89             | 12.13            | 0.000330            | 0.83              | 19.67             | 6.40             | 0.15         |
| Frizzone | 32.5      | Bridge            |                  |                  |                  |                  |                     |                   |                   |                  |              |
| Frizzone | 32        | 8.40              | 8.51             | 10.75            | 9.48             | 10.78            | 0.000373            | 0.73              | 11.50             | 6.40             | 0.17         |
| Frizzone | 32        | 13.10             | 8.51             | 11.19            | 9.71             | 11.23            | 0.000494            | 0.92              | 14.30             | 6.40             | 0.20         |
| Frizzone | 32        | 16.40             | 8.51             | 11.77            | 9.83             | 11.81            | 0.000413            | 0.91              | 18.00             | 6.40             | 0.17         |

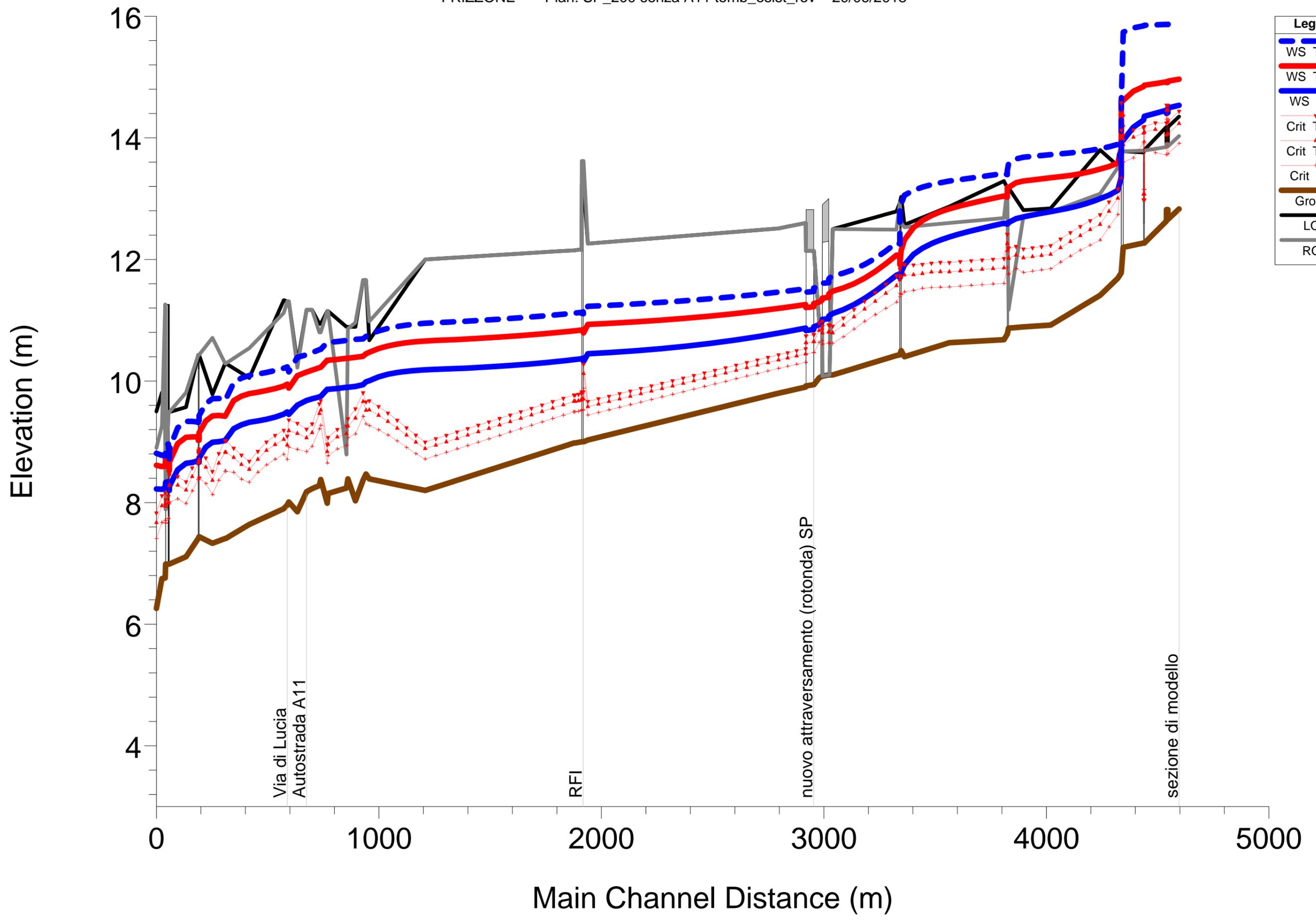
HEC-RAS Plan: SF\_con\_ponti River: Frizzone Reach: Frizzone (Continued)

| Reach    | River Sta | Q Total<br>(m3/s) | Min Ch El<br>(m) | W.S. Elev<br>(m) | Crit W.S.<br>(m) | E.G. Elev<br>(m) | E.G. Slope<br>(m/m) | Vel Chnl<br>(m/s) | Flow Area<br>(m2) | Top Width<br>(m) | Froude # Chl |
|----------|-----------|-------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|---------------------|-------------------|-------------------|------------------|--------------|
| Frizzone | 31        | 8.40              | 8.72             | 10.72            | 9.86             | 10.77            | 0.000836            | 0.97              | 8.68              | 7.55             | 0.29         |
| Frizzone | 31        | 13.10             | 8.72             | 11.16            | 10.11            | 11.22            | 0.000802            | 1.06              | 12.33             | 9.00             | 0.29         |
| Frizzone | 31        | 16.40             | 8.72             | 11.77            | 10.26            | 11.80            | 0.000326            | 0.83              | 21.95             | 17.81            | 0.19         |
| Frizzone | 30        | 8.40              | 8.38             | 10.39            | 9.68             | 10.48            | 0.001849            | 1.31              | 6.40              | 5.87             | 0.40         |
| Frizzone | 30        | 13.10             | 8.38             | 10.86            | 9.98             | 10.95            | 0.001652            | 1.37              | 9.56              | 7.74             | 0.39         |
| Frizzone | 30        | 16.40             | 8.38             | 11.69            | 10.16            | 11.72            | 0.000345            | 0.85              | 22.18             | 17.36            | 0.20         |
| Frizzone | 29        | 8.40              | 8.39             | 10.02            | 9.27             | 10.08            | 0.001261            | 1.15              | 7.31              | 6.38             | 0.34         |
| Frizzone | 29        | 13.10             | 8.39             | 10.54            | 9.53             | 10.61            | 0.001027            | 1.19              | 11.03             | 7.78             | 0.32         |
| Frizzone | 29        | 16.40             | 8.39             | 11.64            | 9.68             | 11.66            | 0.000151            | 0.63              | 30.89             | 21.07            | 0.13         |
| Frizzone | 28        | 8.40              | 8.47             | 10.00            | 9.29             | 10.06            | 0.001197            | 1.13              | 7.43              | 6.00             | 0.32         |
| Frizzone | 28        | 13.10             | 8.47             | 10.52            | 9.52             | 10.60            | 0.001074            | 1.24              | 10.55             | 6.00             | 0.30         |
| Frizzone | 28        | 16.40             | 8.47             | 11.61            | 9.66             | 11.65            | 0.000455            | 0.96              | 17.07             | 6.00             | 0.18         |
| Frizzone | 27.5      | Bridge            |                  |                  |                  |                  |                     |                   |                   |                  |              |
| Frizzone | 27        | 8.40              | 8.37             | 9.95             | 9.42             | 10.04            | 0.001850            | 1.33              | 6.33              | 6.00             | 0.41         |
| Frizzone | 27        | 13.10             | 8.37             | 10.48            | 9.66             | 10.58            | 0.001395            | 1.38              | 9.51              | 6.00             | 0.35         |
| Frizzone | 27        | 16.40             | 8.37             | 11.46            | 9.81             | 11.52            | 0.000585            | 1.07              | 15.39             | 6.00             | 0.21         |
| Frizzone | 26        | 8.40              | 8.03             | 9.93             | 9.13             | 9.99             | 0.001081            | 1.08              | 7.74              | 6.70             | 0.32         |
| Frizzone | 26        | 13.10             | 8.03             | 10.47            | 9.39             | 10.53            | 0.000875            | 1.10              | 11.94             | 8.73             | 0.30         |
| Frizzone | 26        | 16.40             | 8.03             | 11.48            | 9.54             | 11.50            | 0.000178            | 0.66              | 28.16             | 21.13            | 0.15         |
| Frizzone | 25        | 8.40              | 8.39             | 9.91             | 9.07             | 9.95             | 0.000686            | 0.88              | 9.55              | 7.43             | 0.25         |
| Frizzone | 25        | 13.10             | 8.39             | 10.46            | 9.26             | 10.50            | 0.000589            | 0.95              | 13.73             | 7.93             | 0.23         |
| Frizzone | 25        | 16.40             | 8.39             | 11.46            | 9.38             | 11.49            | 0.000244            | 0.74              | 22.03             | 8.30             | 0.15         |
| Frizzone | 24.5      | Bridge            |                  |                  |                  |                  |                     |                   |                   |                  |              |
| Frizzone | 24        | 8.40              | 8.24             | 9.91             | 8.94             | 9.94             | 0.000482            | 0.83              | 10.42             | 7.47             | 0.22         |
| Frizzone | 24        | 13.10             | 8.24             | 10.41            | 9.13             | 10.46            | 0.000472            | 0.96              | 14.28             | 7.91             | 0.21         |
| Frizzone | 24        | 16.40             | 8.24             | 11.43            | 9.26             | 11.46            | 0.000205            | 0.77              | 22.63             | 8.30             | 0.14         |
| Frizzone | 23        | 8.40              | 8.15             | 9.88             | 8.77             | 9.90             | 0.000373            | 0.72              | 11.68             | 7.64             | 0.19         |
| Frizzone | 23        | 13.10             | 8.15             | 10.38            | 8.96             | 10.42            | 0.000395            | 0.84              | 15.62             | 7.99             | 0.19         |
| Frizzone | 23        | 16.40             | 8.15             | 11.42            | 9.07             | 11.44            | 0.000182            | 0.68              | 24.24             | 8.53             | 0.13         |
| Frizzone | 22.5      | Bridge            |                  |                  |                  |                  |                     |                   |                   |                  |              |
| Frizzone | 22        | 8.40              | 7.99             | 9.87             | 8.65             | 9.90             | 0.000304            | 0.67              | 12.50             | 7.66             | 0.17         |
| Frizzone | 22        | 13.10             | 7.99             | 10.37            | 8.84             | 10.40            | 0.000343            | 0.80              | 16.37             | 8.00             | 0.18         |
| Frizzone | 22        | 16.40             | 7.99             | 11.32            | 8.95             | 11.34            | 0.000180            | 0.67              | 24.30             | 8.53             | 0.13         |
| Frizzone | 21        | 8.40              | 8.38             | 9.76             | 9.27             | 9.87             | 0.002396            | 1.47              | 5.71              | 5.54             | 0.46         |
| Frizzone | 21        | 13.10             | 8.38             | 10.26            | 9.52             | 10.37            | 0.001842            | 1.51              | 8.68              | 6.38             | 0.41         |
| Frizzone | 21        | 16.40             | 8.38             | 11.28            | 9.68             | 11.33            | 0.000541            | 1.03              | 15.95             | 7.40             | 0.22         |
| Frizzone | 20.5      | Bridge            |                  |                  |                  |                  |                     |                   |                   |                  |              |
| Frizzone | 20        | 8.40              | 8.28             | 9.74             | 9.21             | 9.85             | 0.002177            | 1.43              | 5.89              | 5.52             | 0.44         |
| Frizzone | 20        | 13.10             | 8.28             | 10.23            | 9.47             | 10.34            | 0.001759            | 1.49              | 8.80              | 6.35             | 0.40         |
| Frizzone | 20        | 16.40             | 8.28             | 11.12            | 9.63             | 11.18            | 0.000635            | 1.09              | 15.05             | 7.40             | 0.24         |
| Frizzone | 19        | 8.40              | 8.23             | 9.71             | 8.92             | 9.78             | 0.001354            | 1.16              | 7.22              | 5.00             | 0.31         |
| Frizzone | 19        | 13.10             | 8.23             | 10.19            | 9.15             | 10.29            | 0.001473            | 1.36              | 9.63              | 5.00             | 0.31         |
| Frizzone | 19        | 16.40             | 8.23             | 11.09            | 9.29             | 11.16            | 0.000828            | 1.16              | 14.10             | 5.00             | 0.22         |
| Frizzone | 18.5      | Bridge            |                  |                  |                  |                  |                     |                   |                   |                  |              |
| Frizzone | 18        | 8.40              | 8.18             | 9.68             | 8.84             | 9.75             | 0.001224            | 1.12              | 7.51              | 5.00             | 0.29         |
| Frizzone | 18        | 13.10             | 8.18             | 10.16            | 9.07             | 10.25            | 0.001378            | 1.32              | 9.90              | 5.00             | 0.30         |
| Frizzone | 18        | 16.40             | 8.18             | 10.98            | 9.21             | 11.05            | 0.000850            | 1.17              | 14.02             | 5.00             | 0.22         |
| Frizzone | 17        | 8.40              | 7.85             | 9.61             | 8.87             | 9.69             | 0.001568            | 1.25              | 6.71              | 5.79             | 0.37         |
| Frizzone | 17        | 13.10             | 7.85             | 10.10            | 9.14             | 10.19            | 0.001463            | 1.30              | 10.06             | 8.02             | 0.37         |
| Frizzone | 17        | 16.40             | 7.85             | 10.98            | 9.31             | 11.02            | 0.000379            | 0.87              | 19.63             | 11.36            | 0.20         |
| Frizzone | 16        | 8.40              | 8.01             | 9.46             | 8.91             | 9.60             | 0.003347            | 1.66              | 5.07              | 3.80             | 0.46         |
| Frizzone | 16        | 13.10             | 8.01             | 9.90             | 9.18             | 10.10            | 0.003697            | 1.93              | 6.77              | 3.80             | 0.46         |
| Frizzone | 16        | 16.40             | 8.01             | 10.86            | 9.36             | 10.98            | 0.001897            | 1.58              | 10.39             | 3.80             | 0.30         |

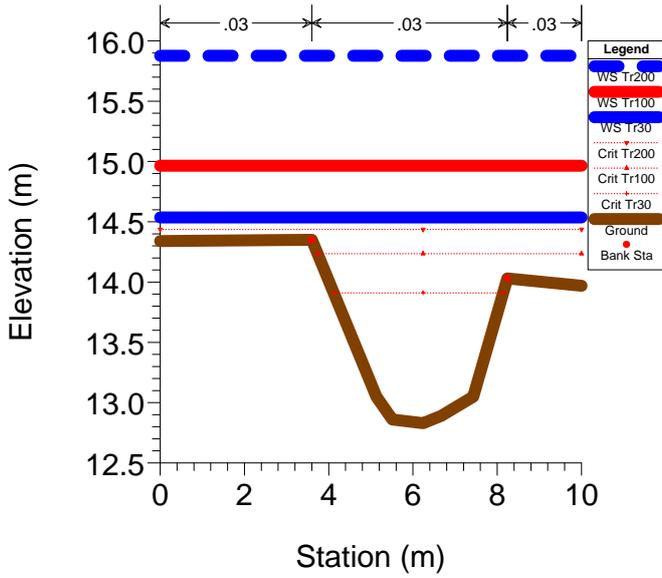
HEC-RAS Plan: SF\_con\_ponti River: Frizzone Reach: Frizzone (Continued)

| Reach    | River Sta | Q Total<br>(m3/s) | Min Ch El<br>(m) | W.S. Elev<br>(m) | Crit W.S.<br>(m) | E.G. Elev<br>(m) | E.G. Slope<br>(m/m) | Vel Chnl<br>(m/s) | Flow Area<br>(m2) | Top Width<br>(m) | Froude # Chl |
|----------|-----------|-------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|---------------------|-------------------|-------------------|------------------|--------------|
| Frizzone | 15.5      | Bridge            |                  |                  |                  |                  |                     |                   |                   |                  |              |
| Frizzone | 15        | 8.40              | 7.96             | 9.50             | 8.71             | 9.56             | 0.001175            | 1.11              | 7.58              | 5.89             | 0.31         |
| Frizzone | 15        | 13.10             | 7.96             | 9.97             | 8.95             | 10.05            | 0.001160            | 1.25              | 10.47             | 6.30             | 0.31         |
| Frizzone | 15        | 16.40             | 7.96             | 10.66            | 9.09             | 10.72            | 0.000690            | 1.11              | 14.82             | 6.30             | 0.23         |
| Frizzone | 14        | 8.40              | 7.90             | 9.46             | 8.80             | 9.54             | 0.001462            | 1.23              | 6.82              | 5.89             | 0.37         |
| Frizzone | 14        | 13.10             | 7.90             | 9.94             | 9.04             | 10.03            | 0.001358            | 1.32              | 9.90              | 7.23             | 0.36         |
| Frizzone | 14        | 16.40             | 7.90             | 10.66            | 9.19             | 10.71            | 0.000628            | 1.02              | 16.15             | 10.07            | 0.26         |
| Frizzone | 13        | 8.40              | 7.64             | 9.33             | 8.33             | 9.37             | 0.000600            | 0.88              | 9.54              | 6.57             | 0.23         |
| Frizzone | 13        | 13.10             | 7.64             | 9.82             | 8.55             | 9.87             | 0.000695            | 1.00              | 13.15             | 8.64             | 0.26         |
| Frizzone | 13        | 16.40             | 7.64             | 10.60            | 8.68             | 10.63            | 0.000285            | 0.75              | 23.09             | 22.94            | 0.18         |
| Frizzone | 12        | 8.40              | 7.41             | 9.05             | 8.52             | 9.22             | 0.003742            | 1.79              | 4.68              | 3.51             | 0.50         |
| Frizzone | 12        | 13.10             | 7.41             | 9.49             | 8.83             | 9.71             | 0.004223            | 2.10              | 6.25              | 3.68             | 0.51         |
| Frizzone | 12        | 16.40             | 7.41             | 10.42            | 9.02             | 10.56            | 0.002045            | 1.67              | 9.83              | 4.00             | 0.34         |
| Frizzone | 11.5      | Bridge            |                  |                  |                  |                  |                     |                   |                   |                  |              |
| Frizzone | 11        | 8.40              | 7.41             | 9.02             | 8.52             | 9.19             | 0.004008            | 1.84              | 4.56              | 3.49             | 0.51         |
| Frizzone | 11        | 13.10             | 7.41             | 9.42             | 8.83             | 9.66             | 0.004713            | 2.19              | 5.99              | 3.65             | 0.54         |
| Frizzone | 11        | 16.40             | 7.41             | 9.68             | 9.02             | 9.96             | 0.005001            | 2.36              | 6.95              | 3.76             | 0.55         |
| Frizzone | 10        | 8.40              | 7.33             | 8.99             | 8.13             | 9.05             | 0.000899            | 1.04              | 8.12              | 6.11             | 0.29         |
| Frizzone | 10        | 13.10             | 7.33             | 9.43             | 8.37             | 9.50             | 0.000990            | 1.20              | 10.93             | 6.97             | 0.31         |
| Frizzone | 10        | 16.40             | 7.33             | 9.71             | 8.51             | 9.79             | 0.000987            | 1.26              | 12.99             | 7.61             | 0.31         |
| Frizzone | 9         | 8.40              | 7.44             | 8.73             | 8.41             | 8.92             | 0.004553            | 1.89              | 4.44              | 4.32             | 0.60         |
| Frizzone | 9         | 13.10             | 7.44             | 9.15             | 8.68             | 9.37             | 0.004163            | 2.08              | 6.30              | 4.64             | 0.57         |
| Frizzone | 9         | 16.40             | 7.44             | 9.43             | 8.84             | 9.67             | 0.003862            | 2.15              | 7.64              | 4.85             | 0.55         |
| Frizzone | 8.5       | Bridge            |                  |                  |                  |                  |                     |                   |                   |                  |              |
| Frizzone | 8         | 8.40              | 7.41             | 8.69             | 8.37             | 8.88             | 0.004708            | 1.91              | 4.39              | 4.31             | 0.61         |
| Frizzone | 8         | 13.10             | 7.41             | 9.08             | 8.65             | 9.32             | 0.004476            | 2.13              | 6.14              | 4.60             | 0.59         |
| Frizzone | 8         | 16.40             | 7.41             | 9.33             | 8.82             | 9.58             | 0.004407            | 2.25              | 7.28              | 4.78             | 0.58         |
| Frizzone | 7         | 8.40              | 7.11             | 8.65             | 7.98             | 8.71             | 0.001187            | 1.10              | 7.62              | 7.05             | 0.34         |
| Frizzone | 7         | 13.10             | 7.11             | 9.08             | 8.21             | 9.15             | 0.001099            | 1.21              | 10.86             | 8.11             | 0.33         |
| Frizzone | 7         | 16.40             | 7.11             | 9.34             | 8.34             | 9.42             | 0.001051            | 1.25              | 13.07             | 8.85             | 0.33         |
| Frizzone | 6         | 8.40              | 6.99             | 8.27             | 8.01             | 8.49             | 0.006979            | 2.09              | 4.01              | 3.87             | 0.66         |
| Frizzone | 6         | 13.10             | 6.99             | 8.67             | 8.28             | 8.95             | 0.006739            | 2.36              | 5.56              | 3.92             | 0.63         |
| Frizzone | 6         | 16.40             | 6.99             | 8.88             | 8.45             | 9.22             | 0.007091            | 2.55              | 6.42              | 3.94             | 0.64         |
| Frizzone | 5.5       | Bridge            |                  |                  |                  |                  |                     |                   |                   |                  |              |
| Frizzone | 5         | 8.40              | 6.99             | 8.34             | 7.74             | 8.40             | 0.001430            | 1.08              | 7.76              | 7.66             | 0.34         |
| Frizzone | 5         | 13.10             | 6.99             | 8.75             | 8.00             | 8.82             | 0.001257            | 1.21              | 10.87             | 7.71             | 0.32         |
| Frizzone | 5         | 16.40             | 6.99             | 8.96             | 8.11             | 9.05             | 0.001298            | 1.31              | 12.52             | 7.73             | 0.33         |
| Frizzone | 4.5       | Bridge            |                  |                  |                  |                  |                     |                   |                   |                  |              |
| Frizzone | 4         | 8.40              | 6.99             | 8.33             | 7.66             | 8.39             | 0.001135            | 1.04              | 8.11              | 7.66             | 0.32         |
| Frizzone | 4         | 13.10             | 6.99             | 8.74             | 7.94             | 8.81             | 0.000938            | 1.17              | 11.23             | 7.71             | 0.31         |
| Frizzone | 4         | 16.40             | 6.99             | 8.95             | 8.04             | 9.04             | 0.000936            | 1.28              | 12.88             | 7.73             | 0.31         |
| Frizzone | 3         | 8.40              | 6.76             | 8.24             | 7.71             | 8.38             | 0.003049            | 1.63              | 5.16              | 4.16             | 0.47         |
| Frizzone | 3         | 13.10             | 6.76             | 8.60             | 7.98             | 8.79             | 0.003640            | 1.96              | 6.70              | 4.46             | 0.51         |
| Frizzone | 3         | 16.40             | 6.76             | 8.77             | 8.16             | 9.02             | 0.004232            | 2.19              | 7.49              | 4.60             | 0.55         |
| Frizzone | 2         | 8.40              | 6.75             | 8.22             | 7.67             | 8.33             | 0.002463            | 1.47              | 5.70              | 5.29             | 0.45         |
| Frizzone | 2         | 13.10             | 6.75             | 8.59             | 7.95             | 8.73             | 0.002581            | 1.67              | 7.86              | 6.26             | 0.47         |
| Frizzone | 2         | 16.40             | 6.75             | 8.78             | 8.11             | 8.94             | 0.002776            | 1.81              | 9.07              | 6.75             | 0.50         |
| Frizzone | 1         | 8.40              | 6.26             | 8.22             | 7.41             | 8.27             | 0.001001            | 0.99              | 8.52              | 8.44             | 0.31         |
| Frizzone | 1         | 13.10             | 6.26             | 8.61             | 7.67             | 8.67             | 0.001000            | 1.06              | 12.33             | 11.07            | 0.32         |
| Frizzone | 1         | 16.40             | 6.26             | 8.81             | 7.83             | 8.87             | 0.001001            | 1.12              | 14.62             | 12.11            | 0.33         |

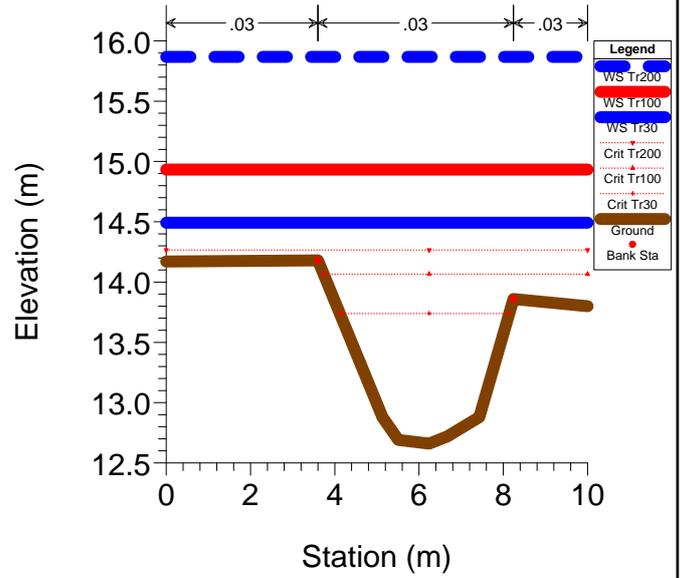
**RISULTATI DEI CALCOLO IDRAULICI  
MODELLO MONODIMENSIONALE  
RIO FRIZZONE  
CONFIGURAZIONE STATO DI ADEGUAMENTO DEL CORSO  
D'ACQUA**



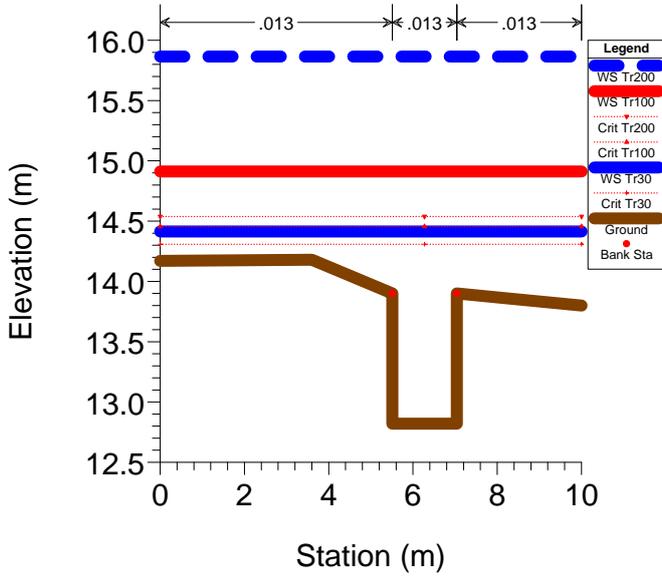
### RS = 89 sezione di modello



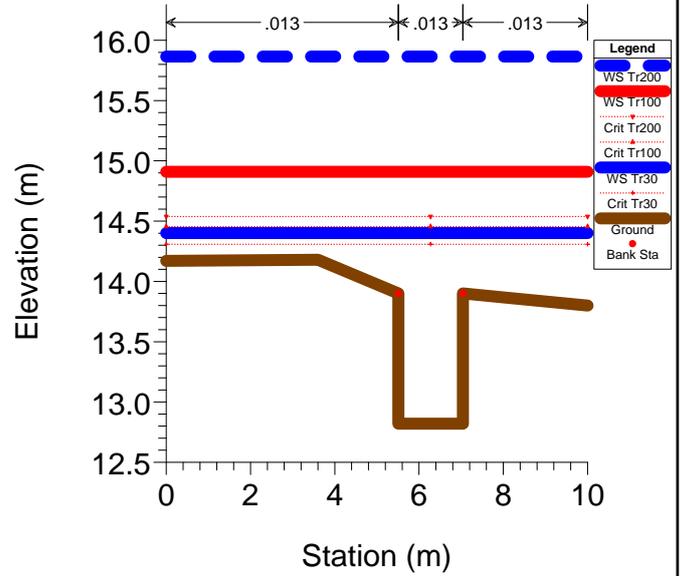
### RS = 88



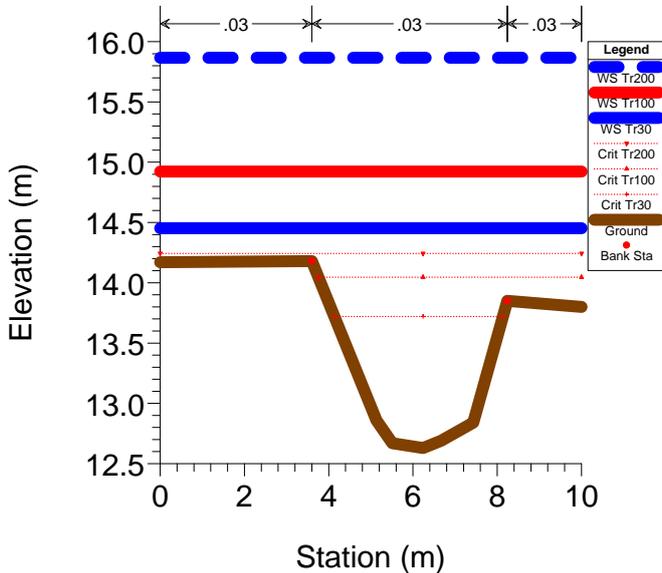
### RS = 87.8



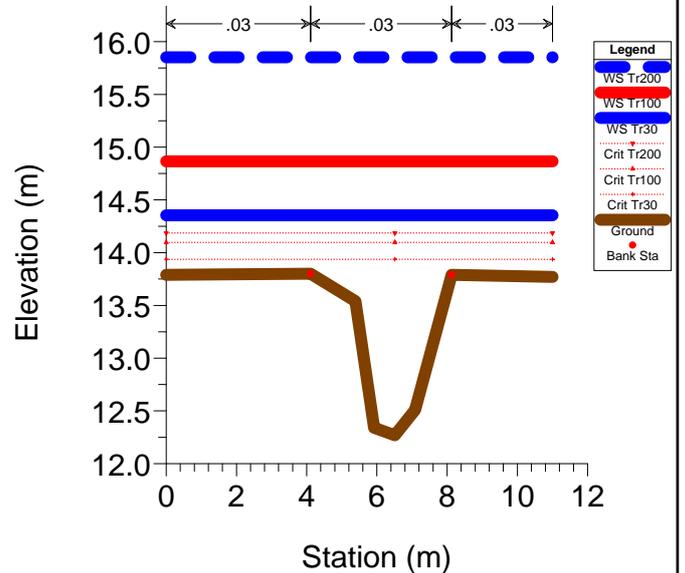
### RS = 87.2

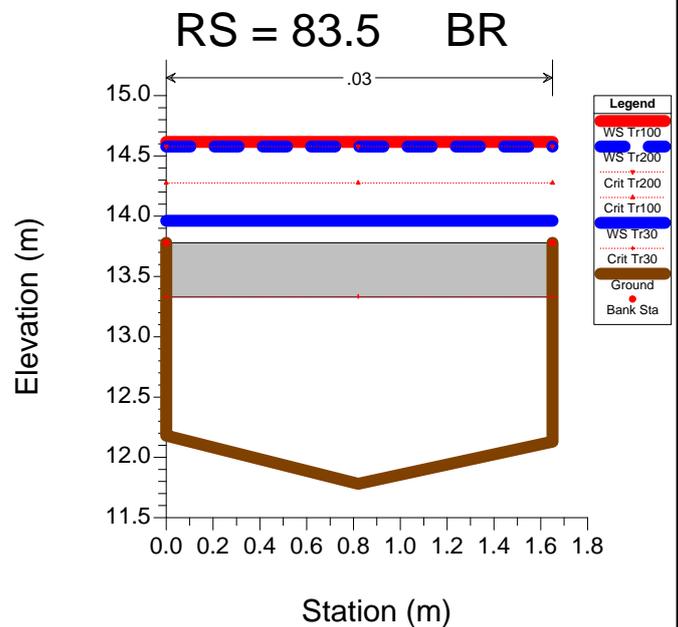
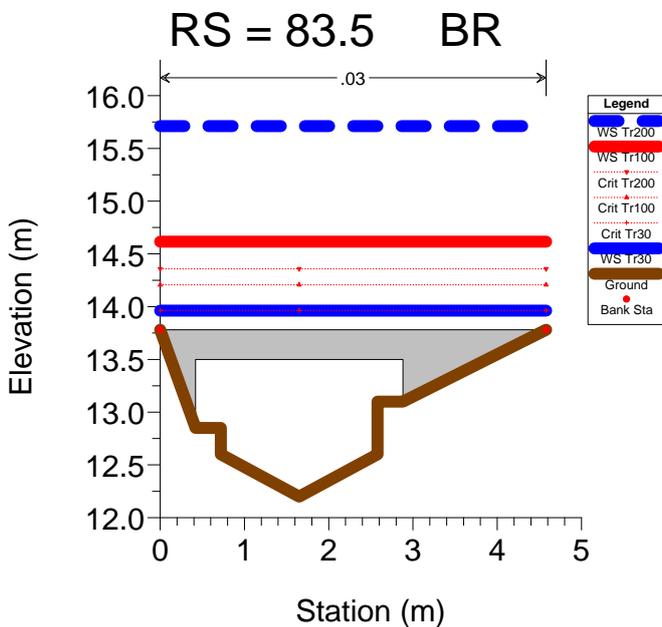
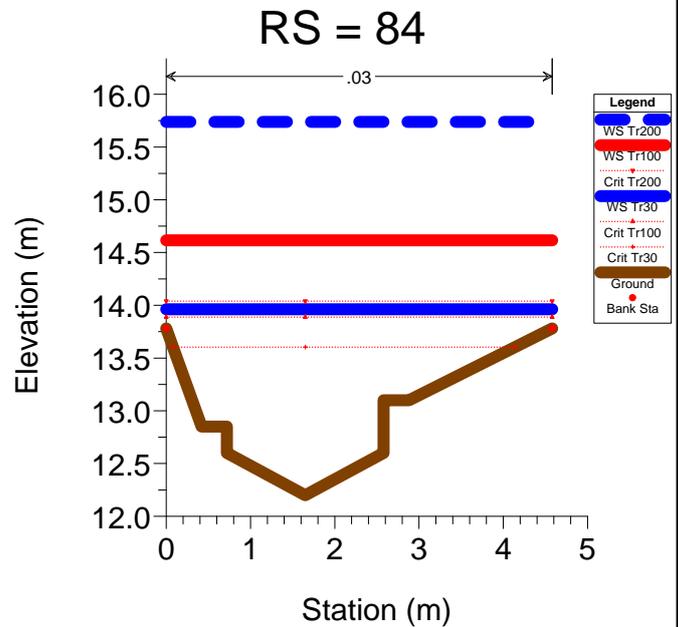
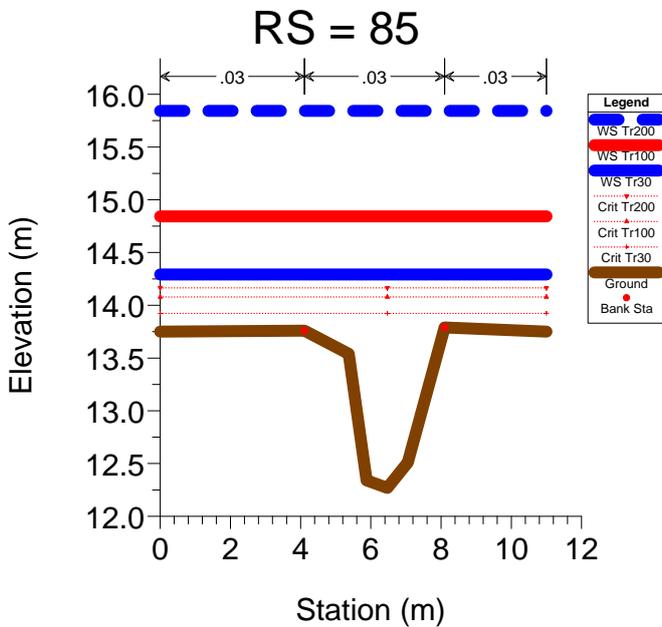
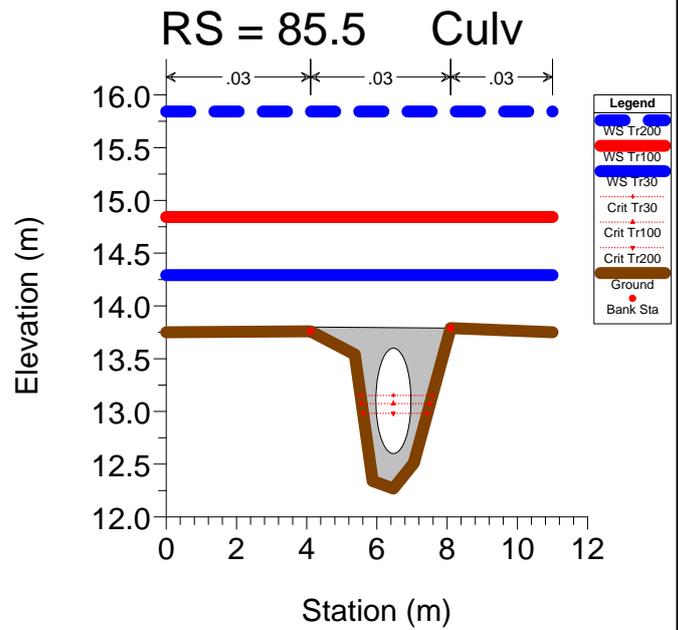
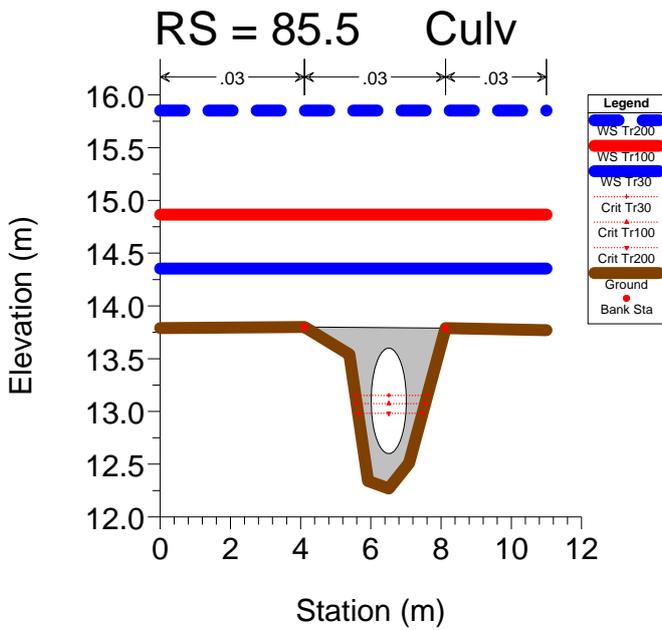


### RS = 87

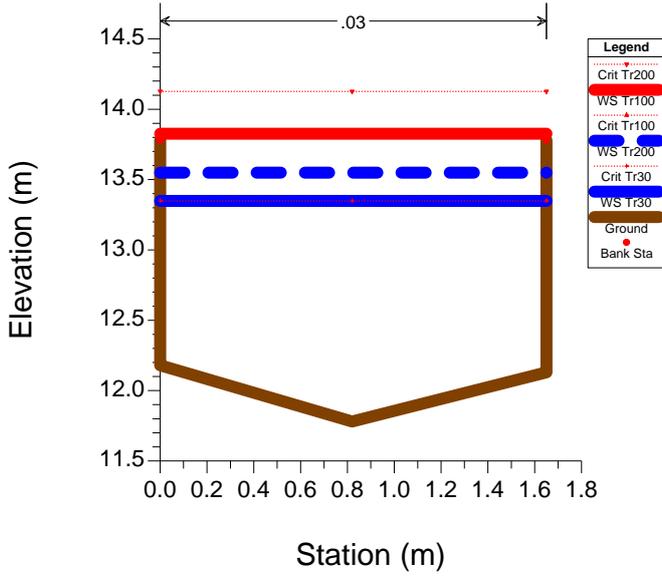


### RS = 86

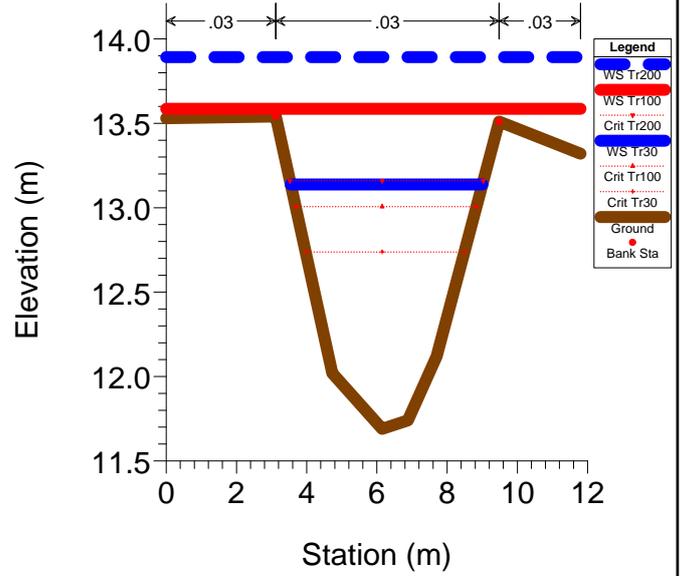




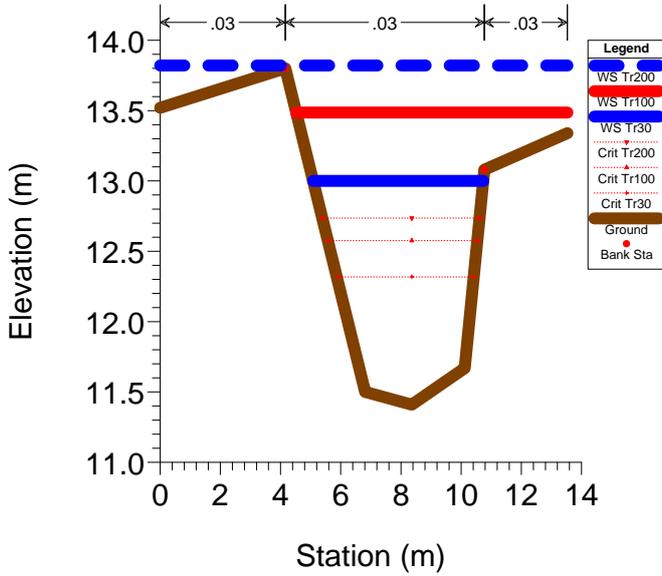
**RS = 83**



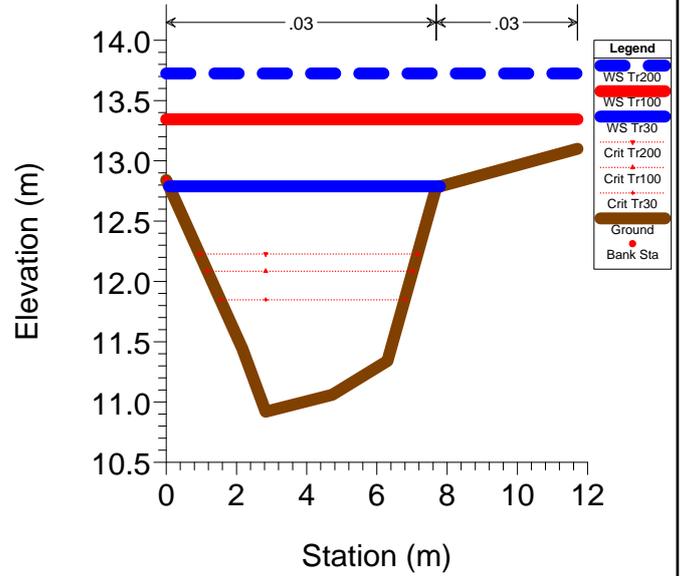
**RS = 82**



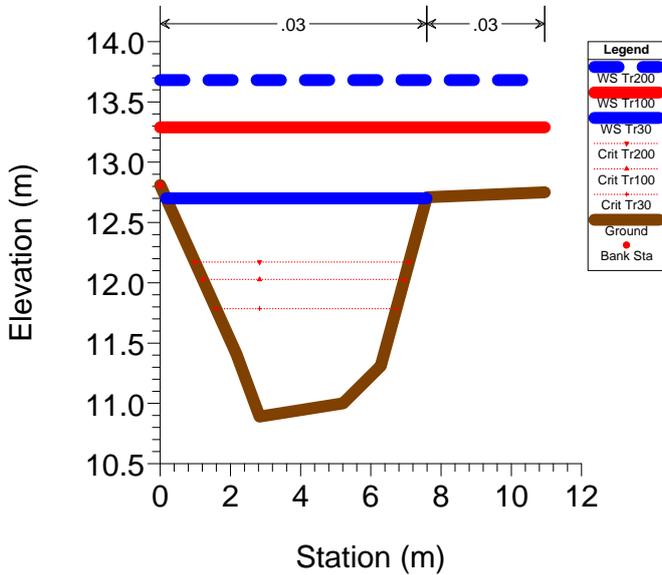
**RS = 81**



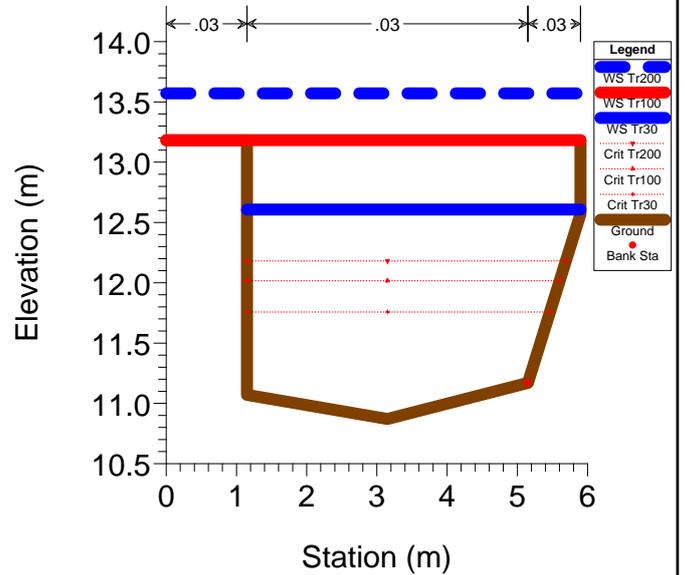
**RS = 80**

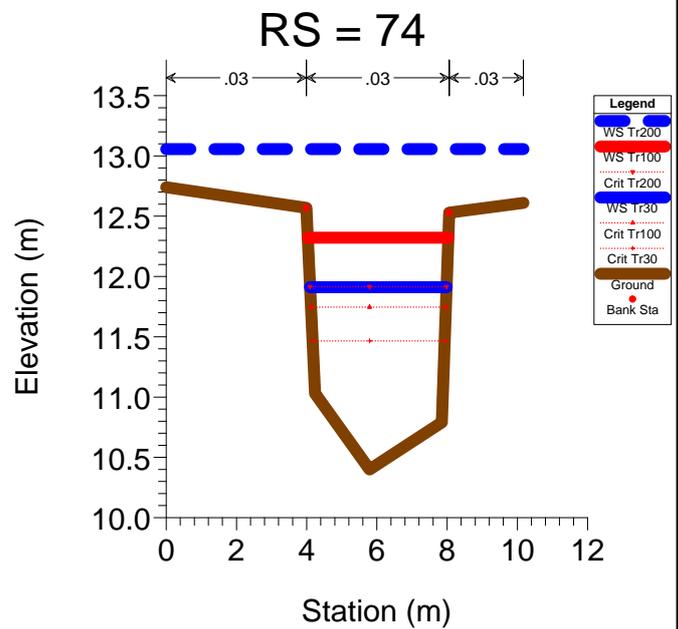
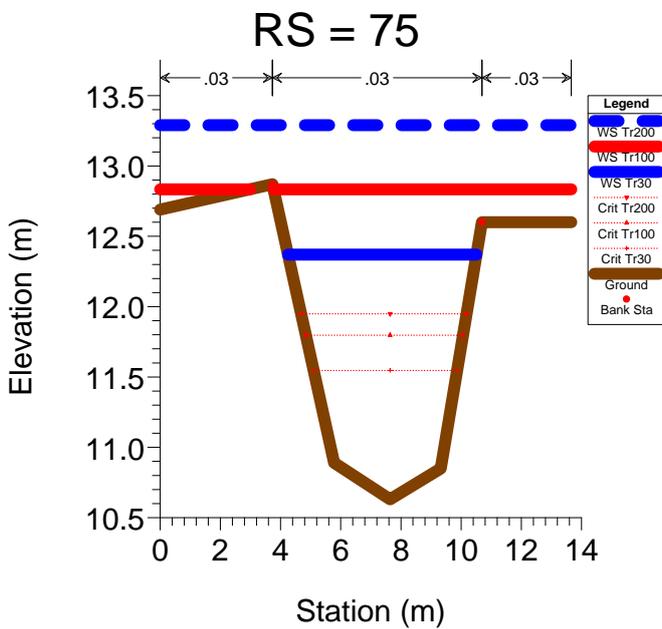
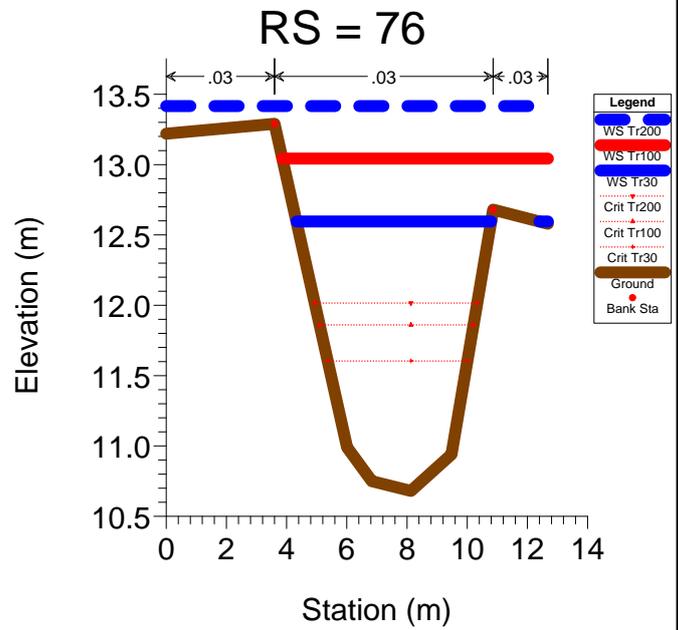
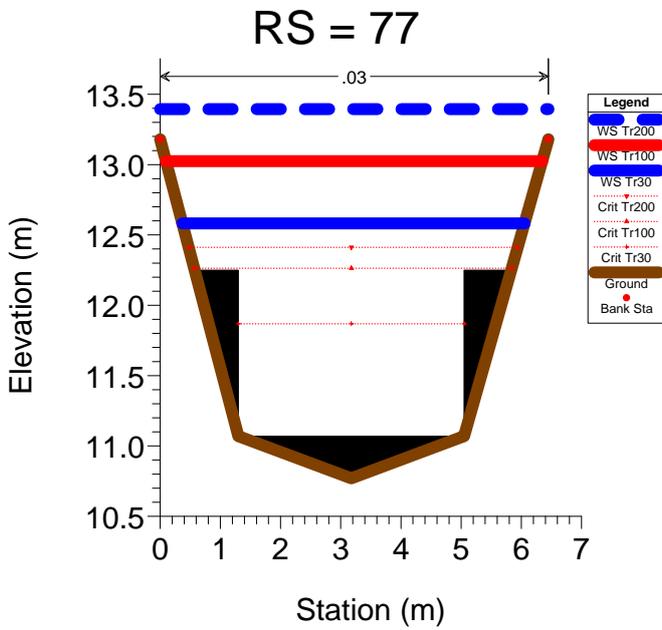
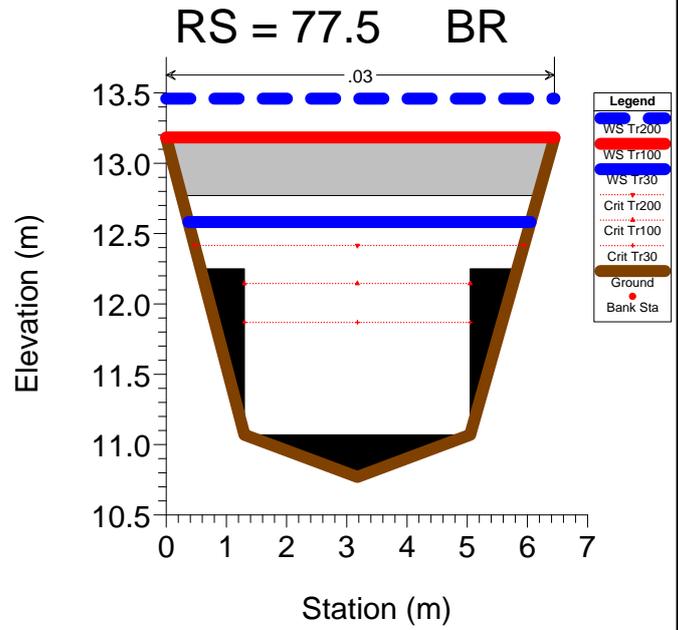
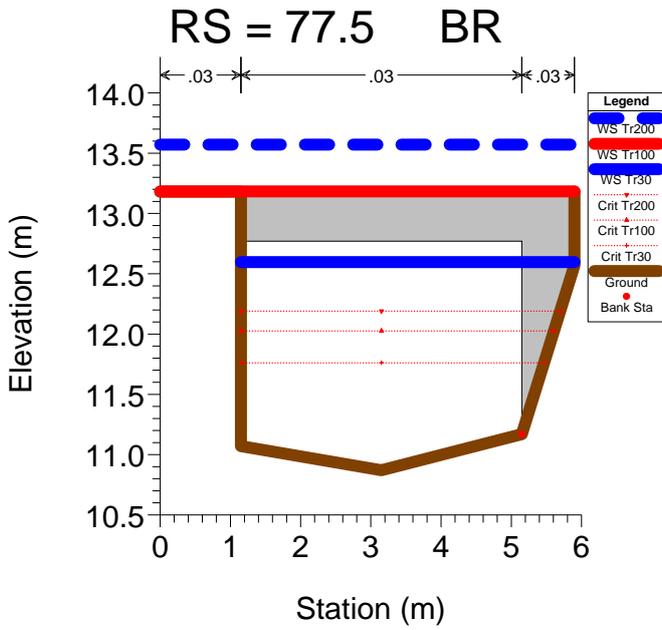


**RS = 79**

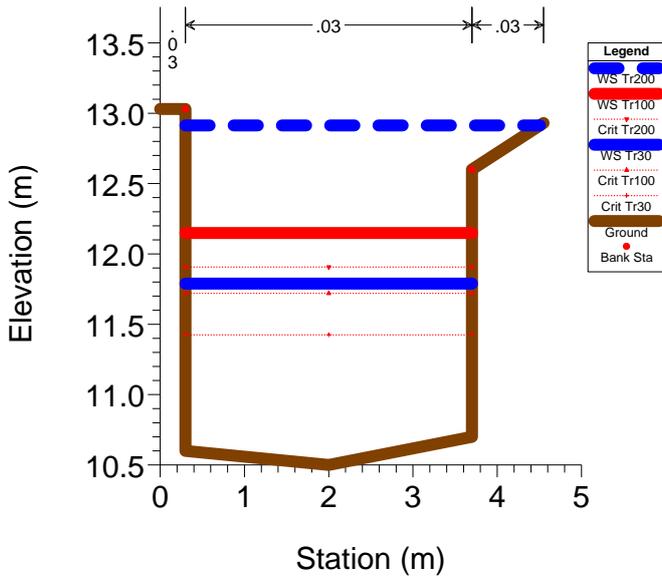


**RS = 78**

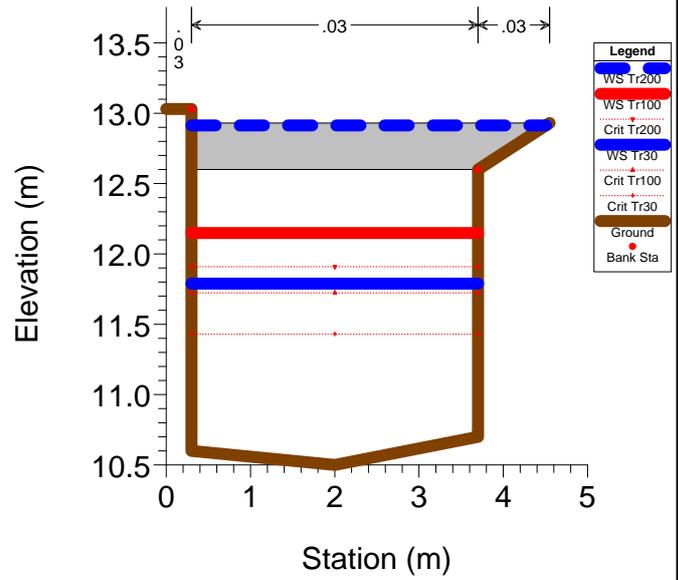




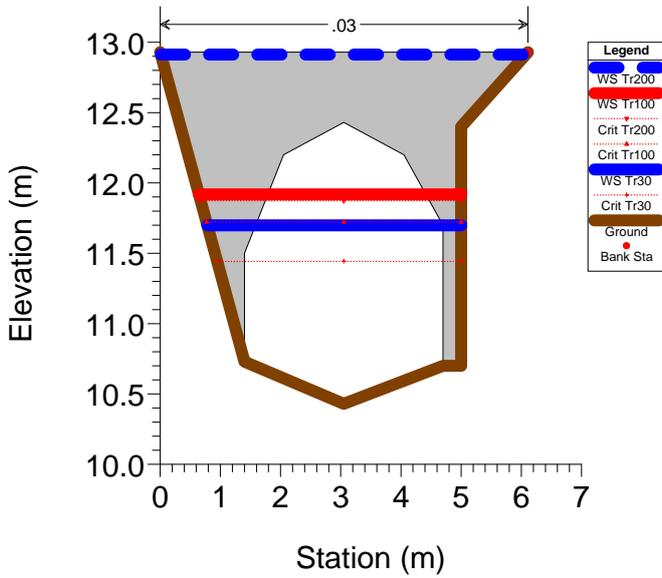
**RS = 73**



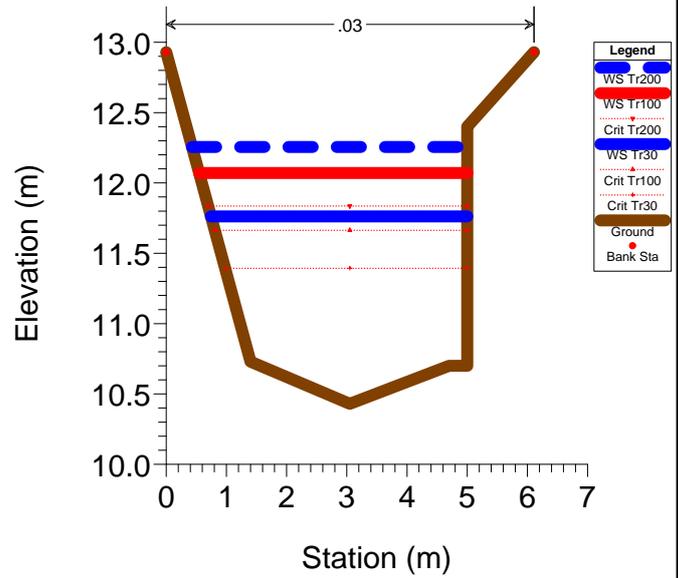
**RS = 72.5 BR**



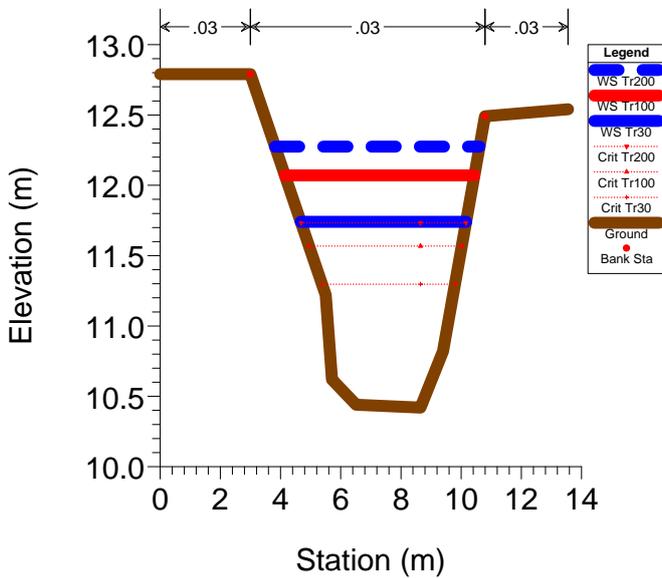
**RS = 72.5 BR**



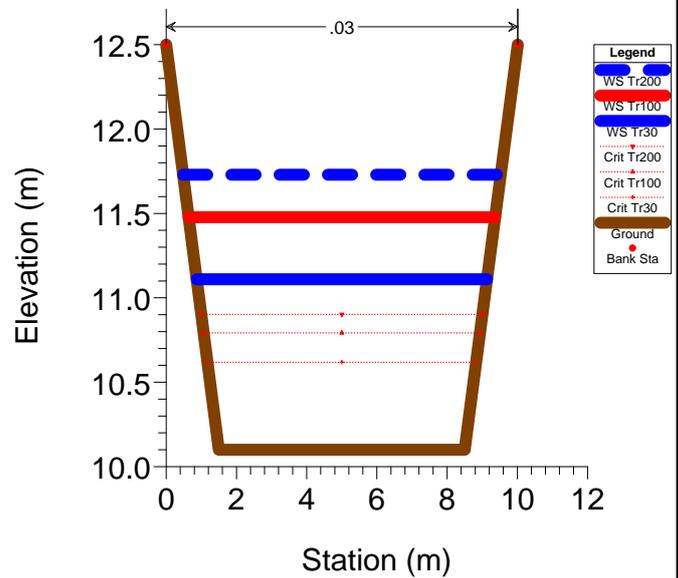
**RS = 72**



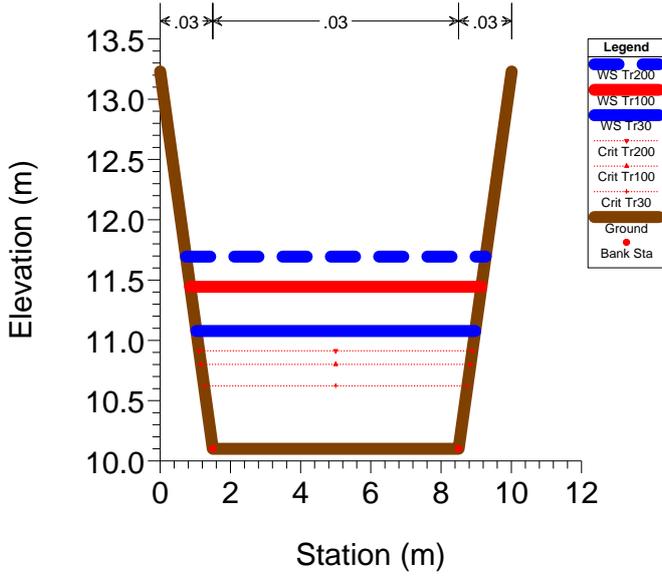
**RS = 71**



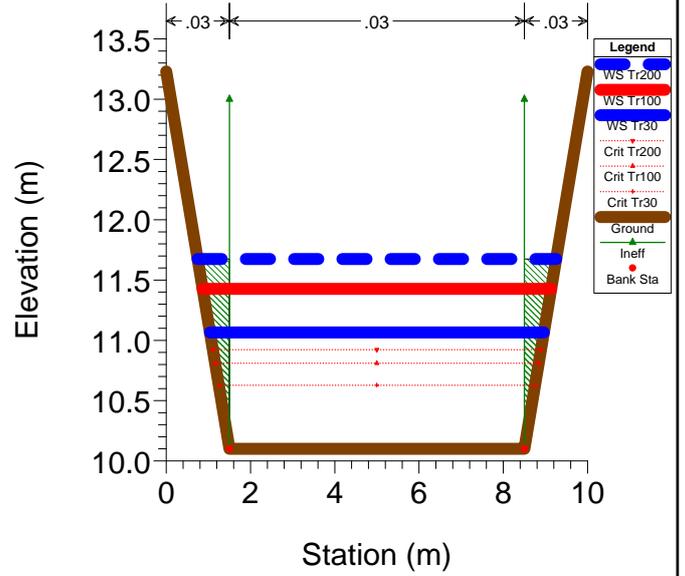
**RS = 70**



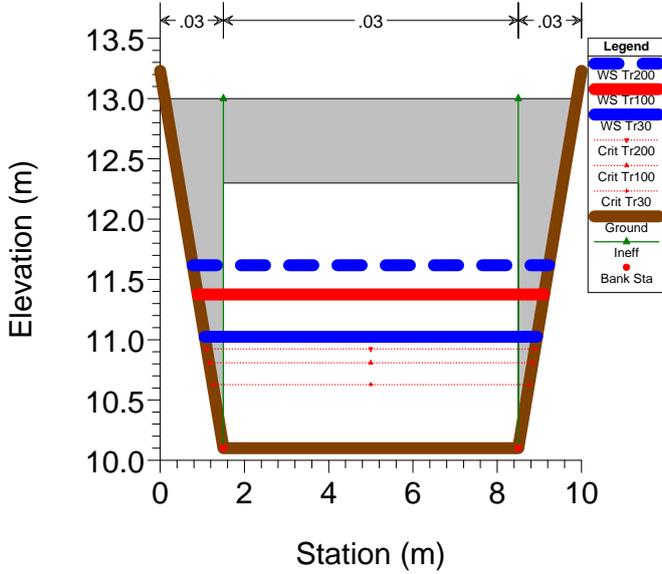
RS = 69



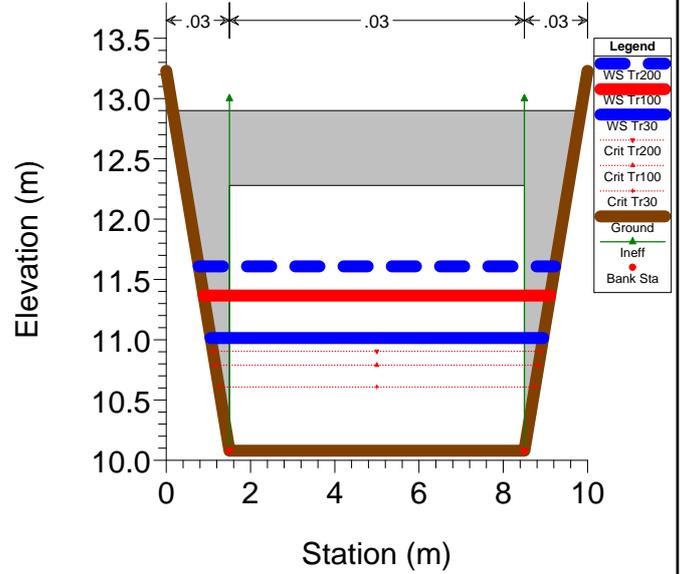
RS = 68 Strada provinciale Romana



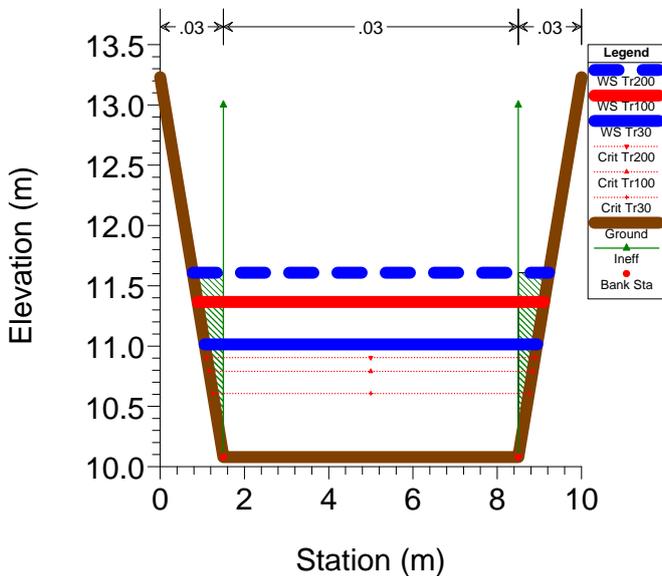
RS = 67.5 Culv via Romana



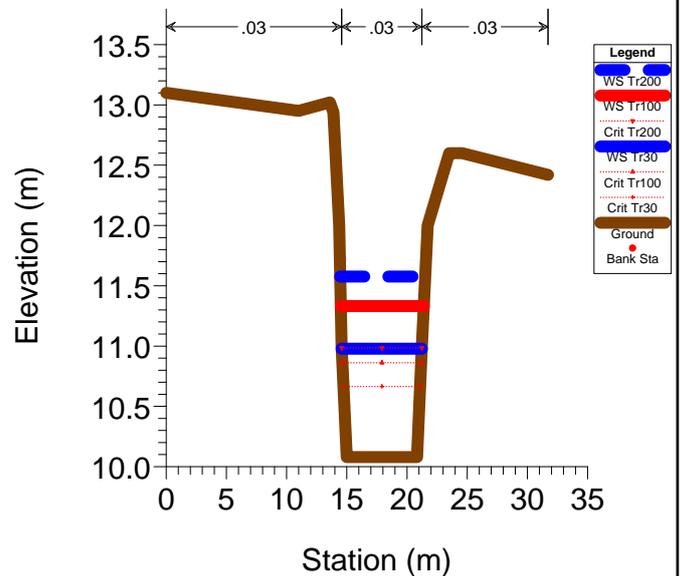
RS = 67.5 Culv via Romana

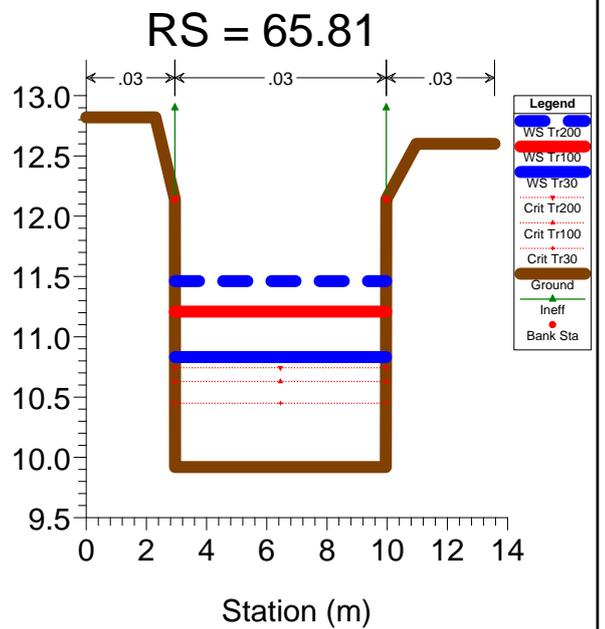
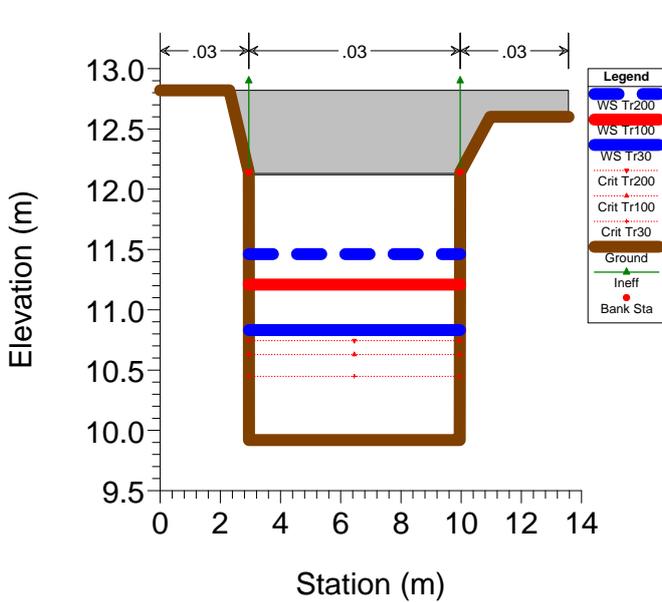
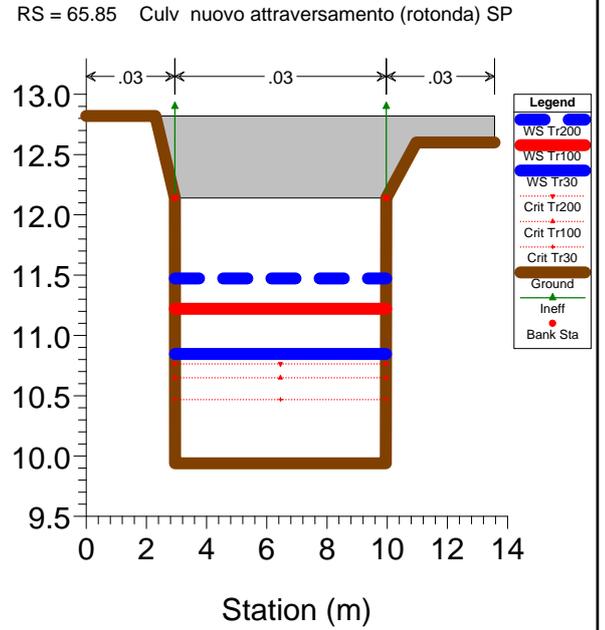
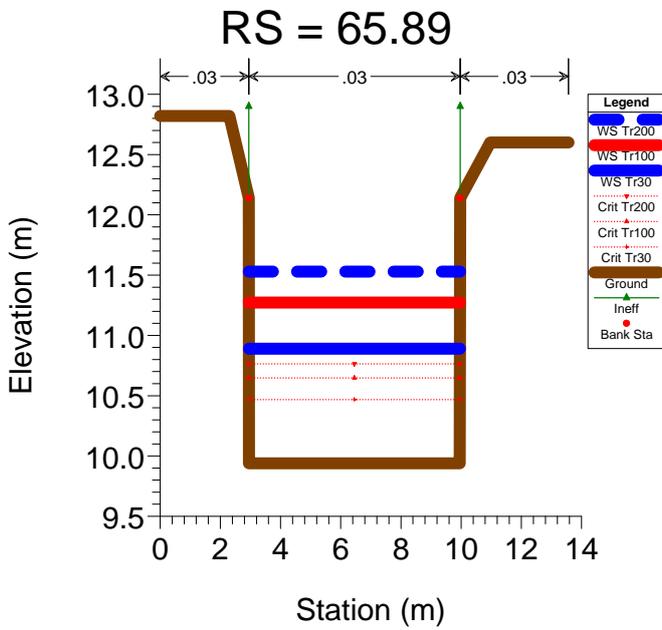
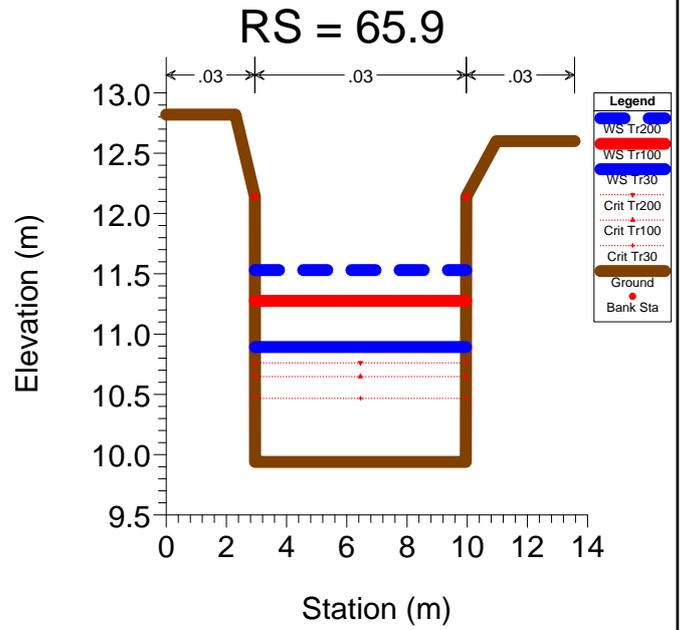
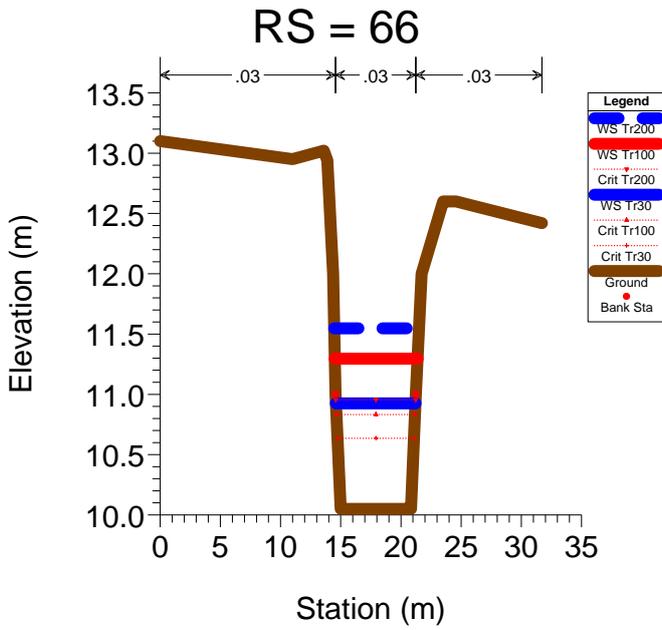


RS = 67 Strada provinciale Romana

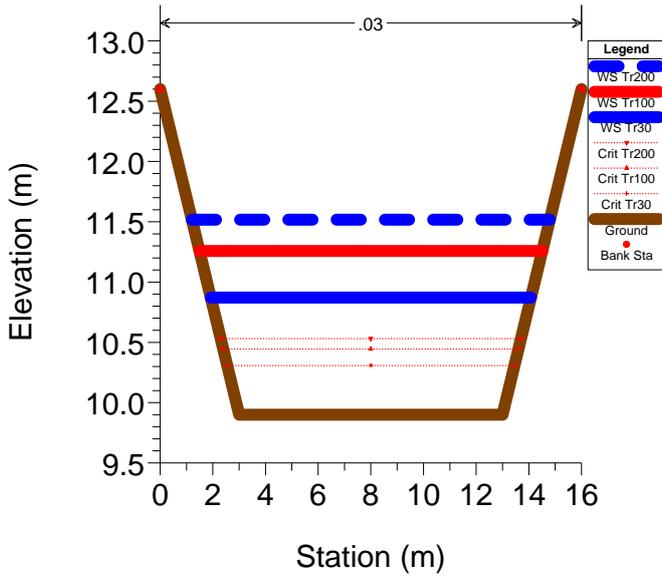


RS = 66.9

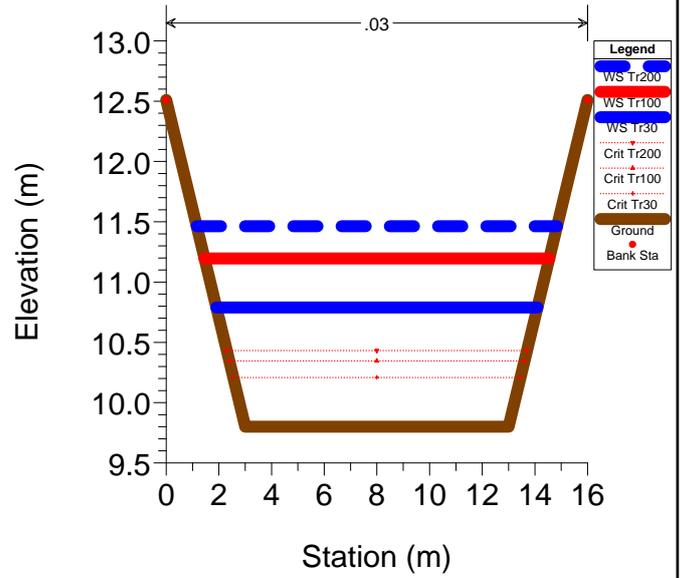




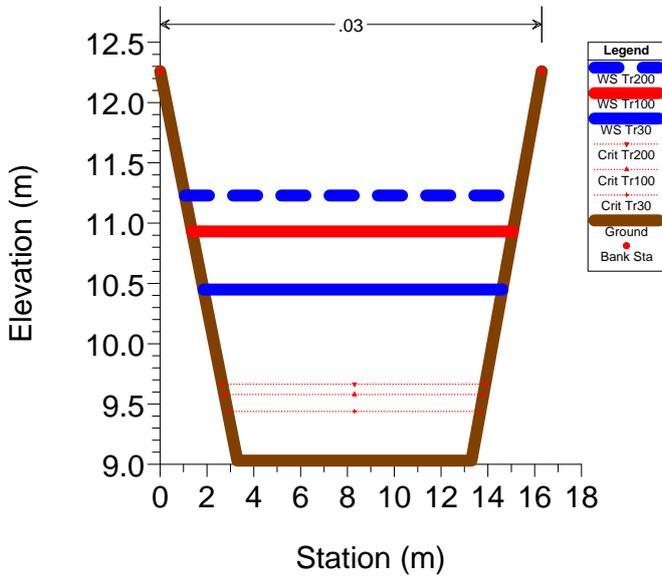
RS = 65.8



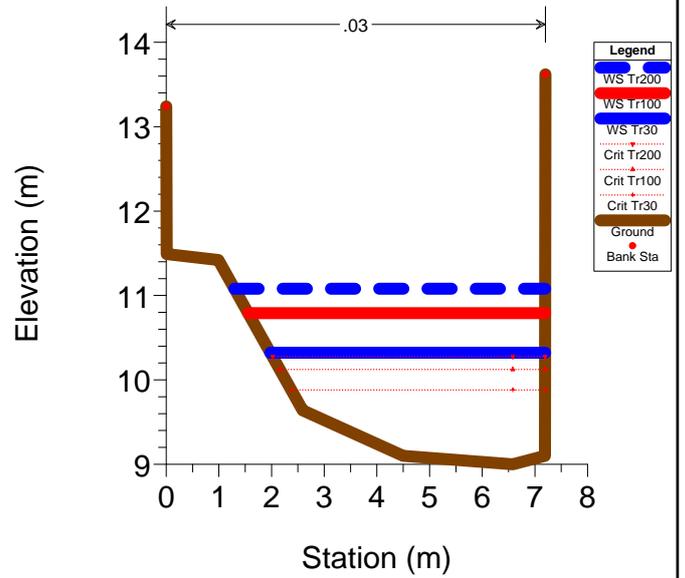
RS = 65



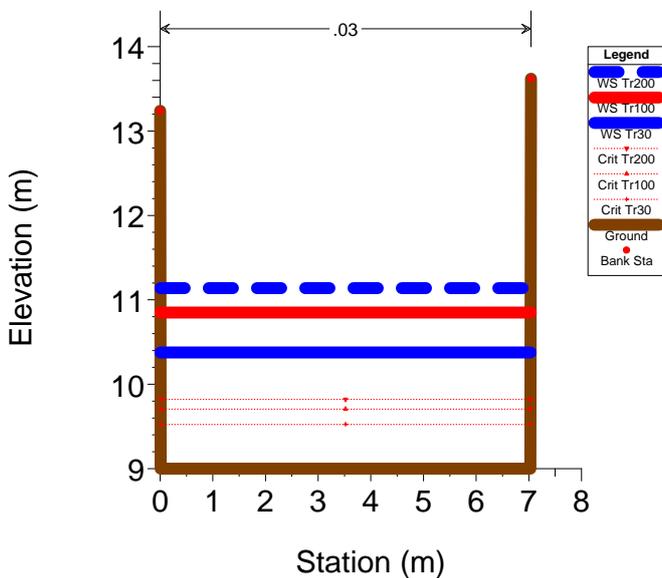
RS = 49



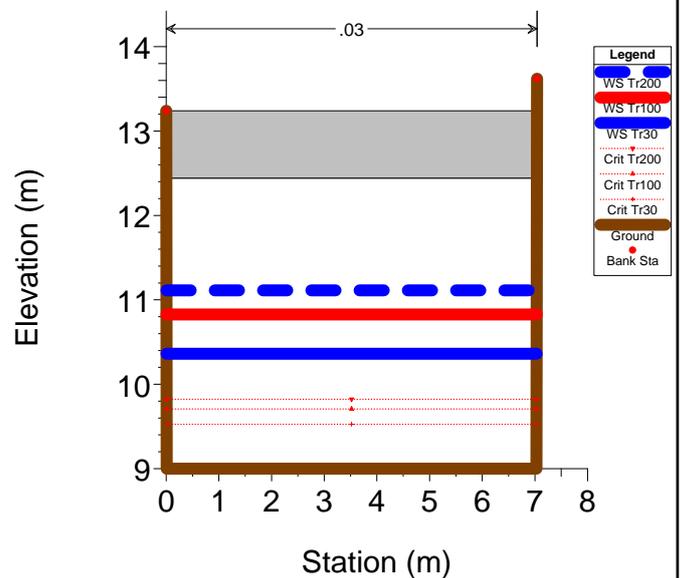
RS = 48 RFI

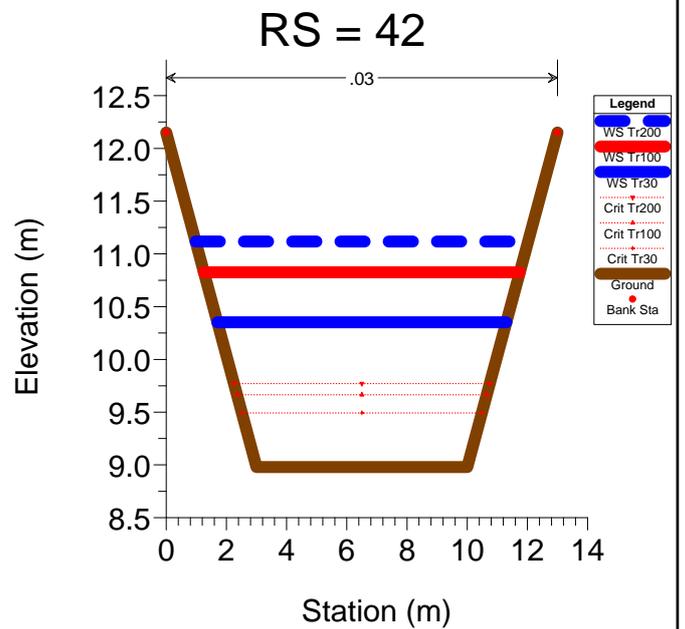
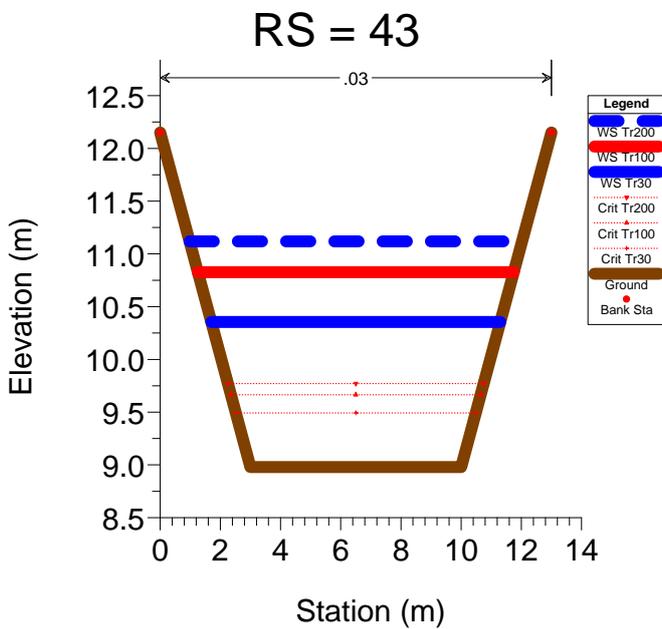
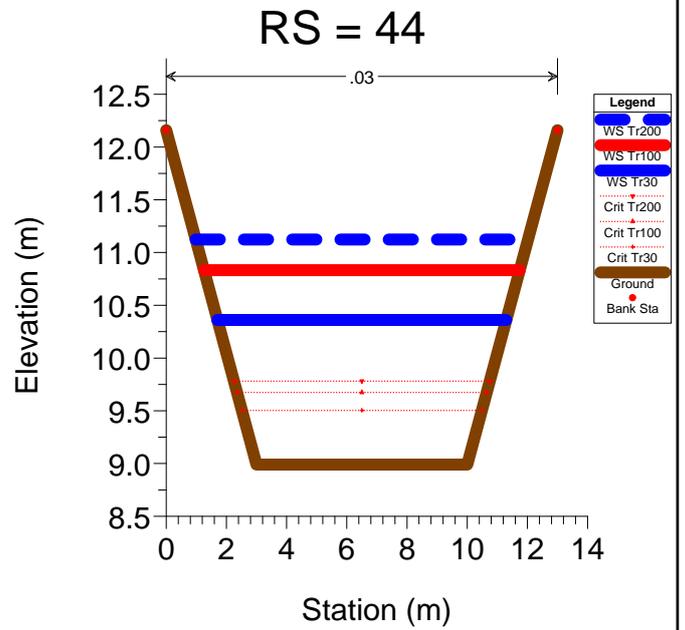
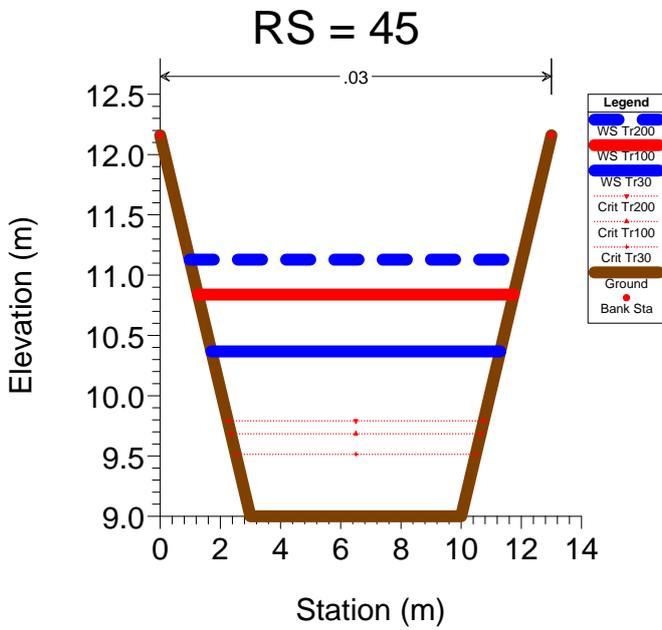
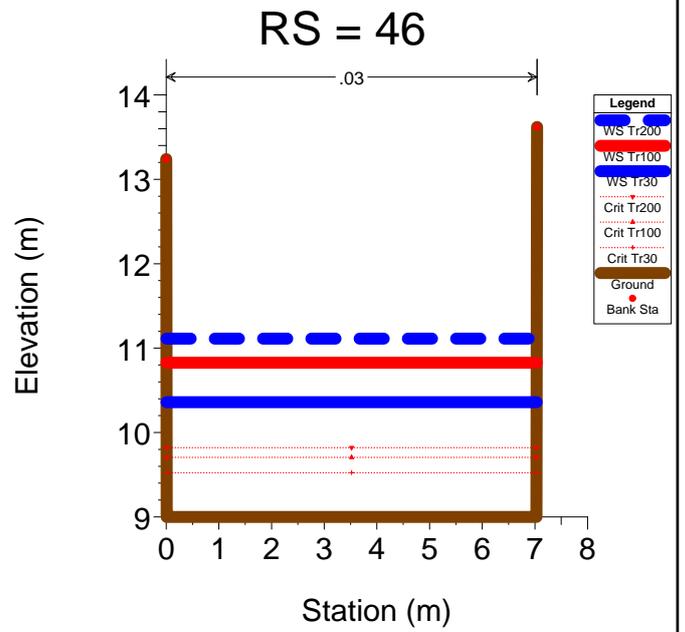
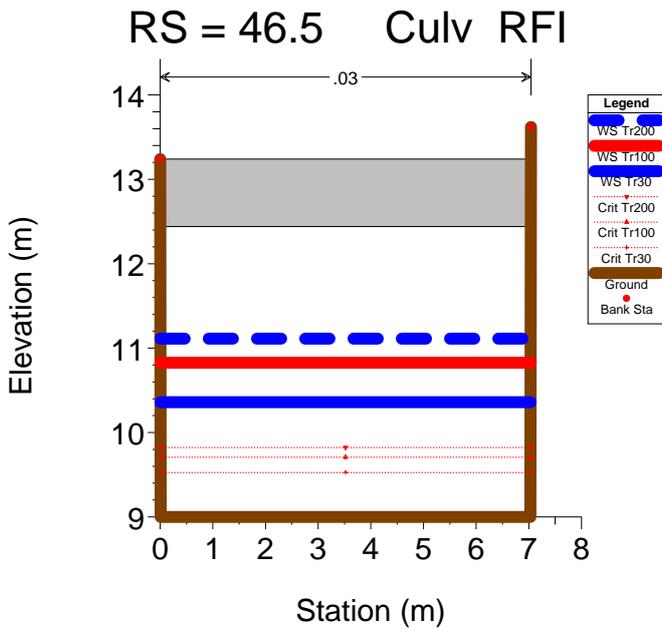


RS = 47 ferrovia LU-FI

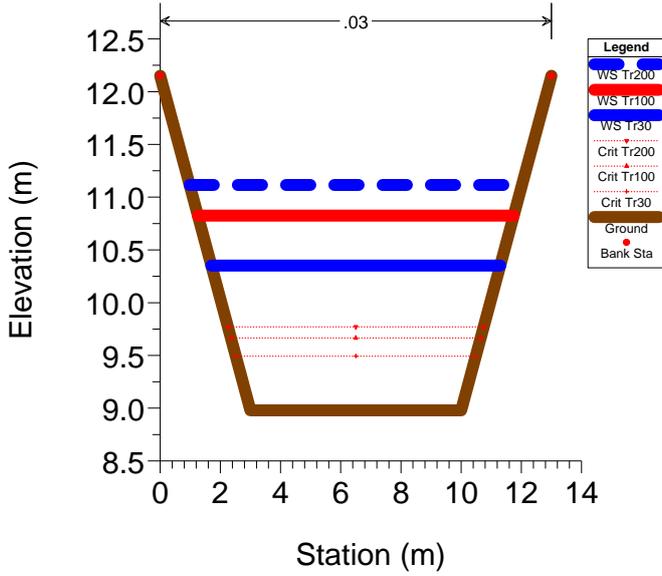


RS = 46.5 Culv RFI

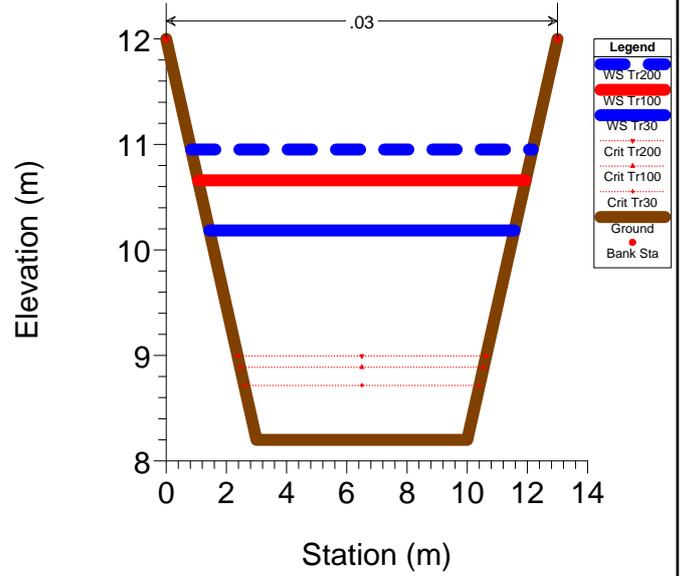




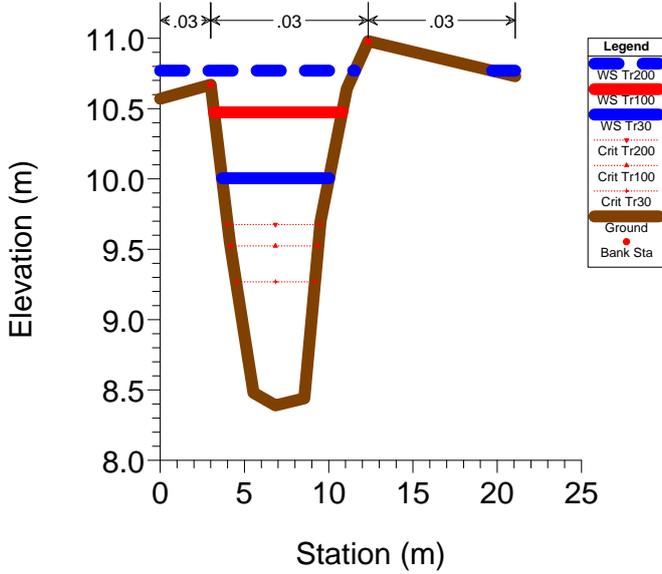
### RS = 41.9



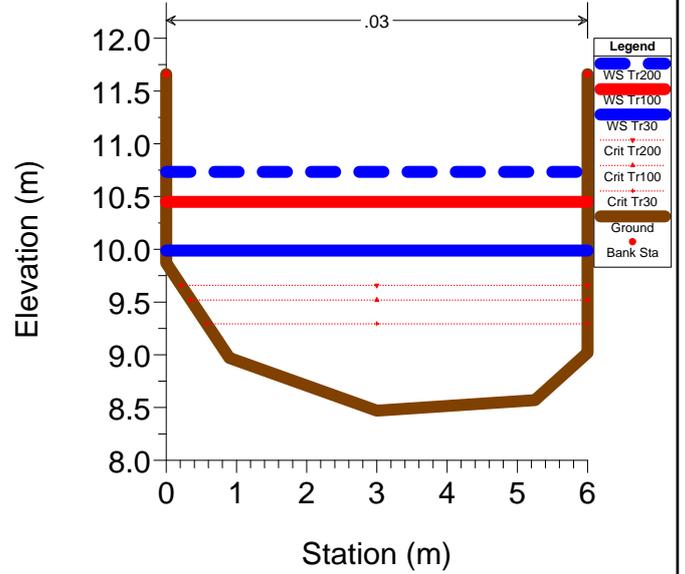
### RS = 30



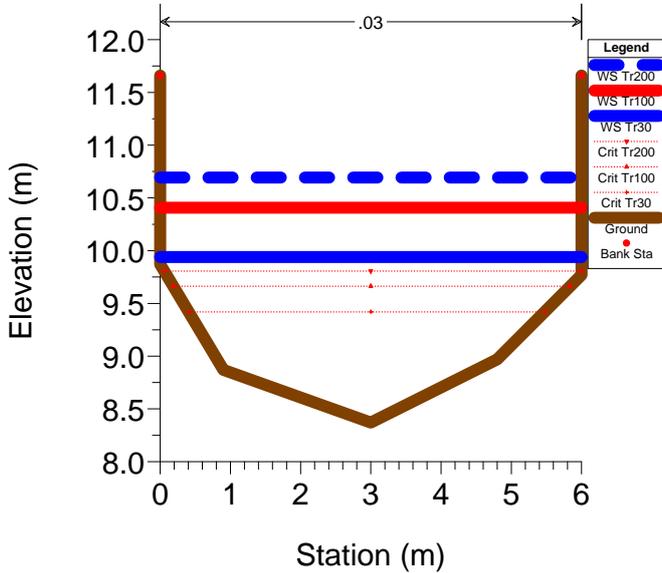
### RS = 29



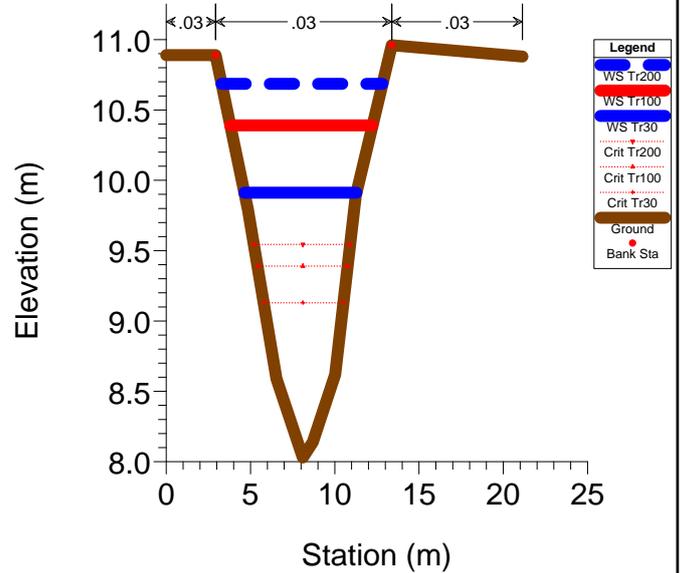
### RS = 28



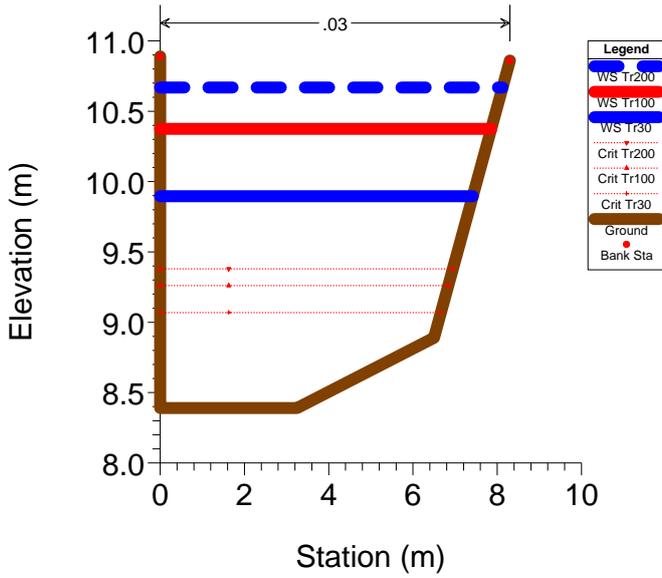
### RS = 27



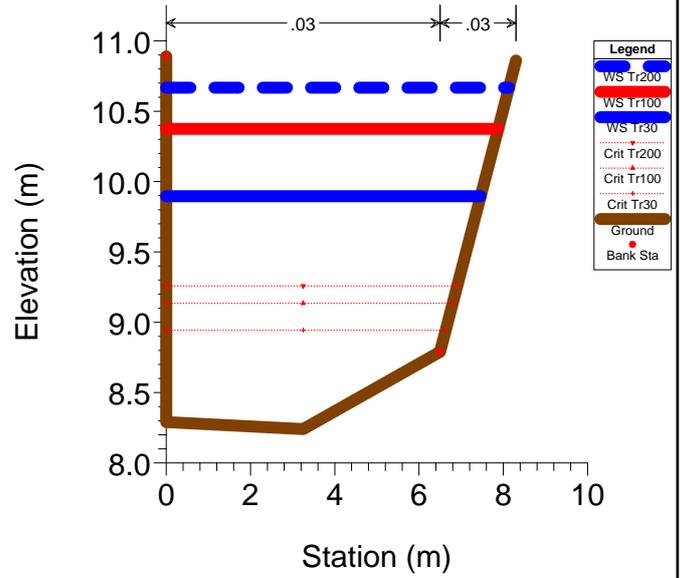
### RS = 26



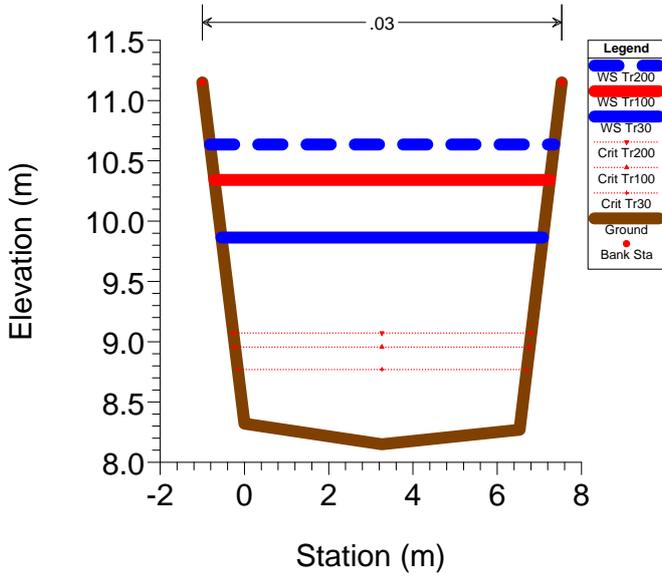
RS = 25



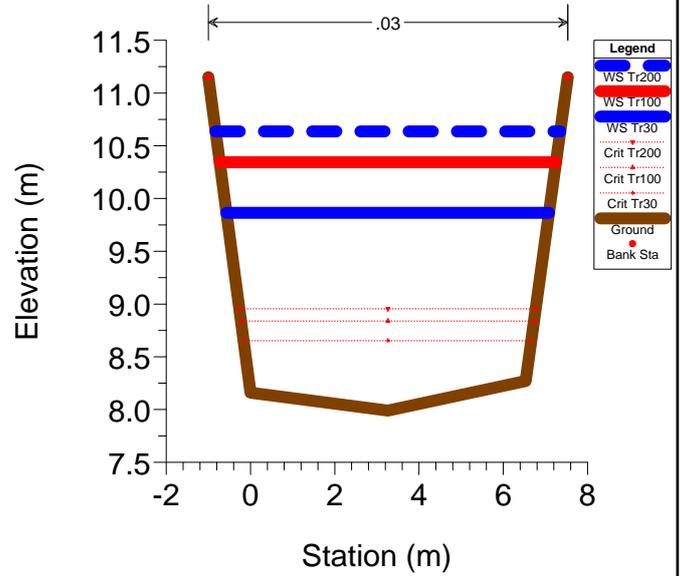
RS = 24



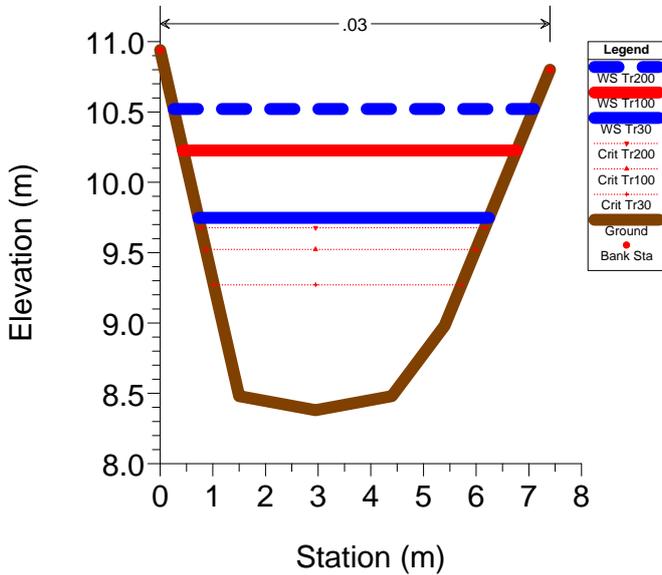
RS = 23



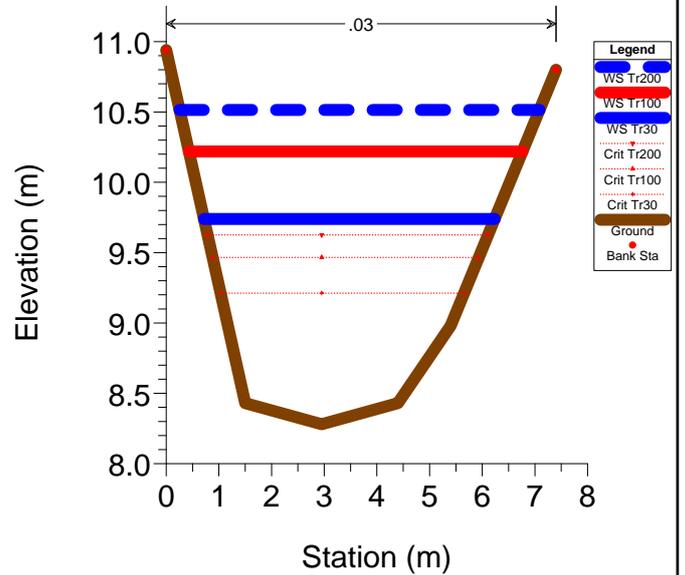
RS = 22



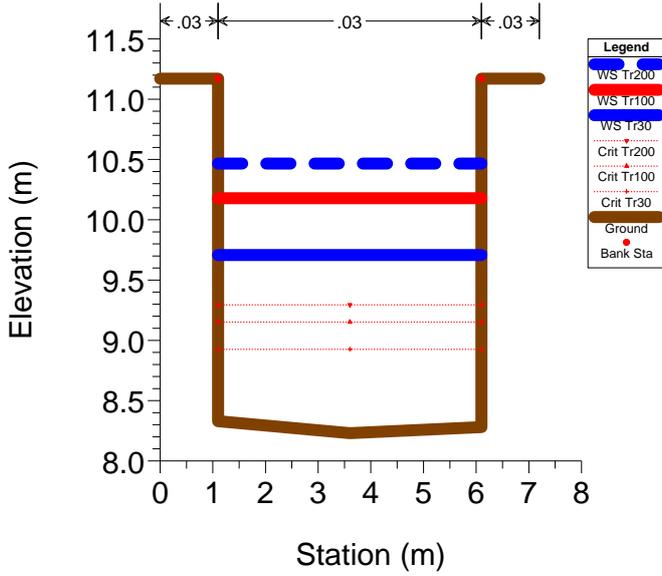
RS = 21



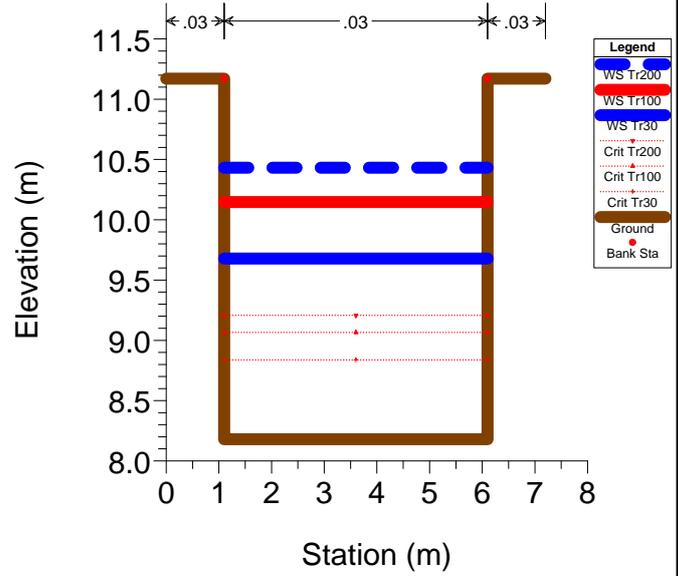
RS = 20



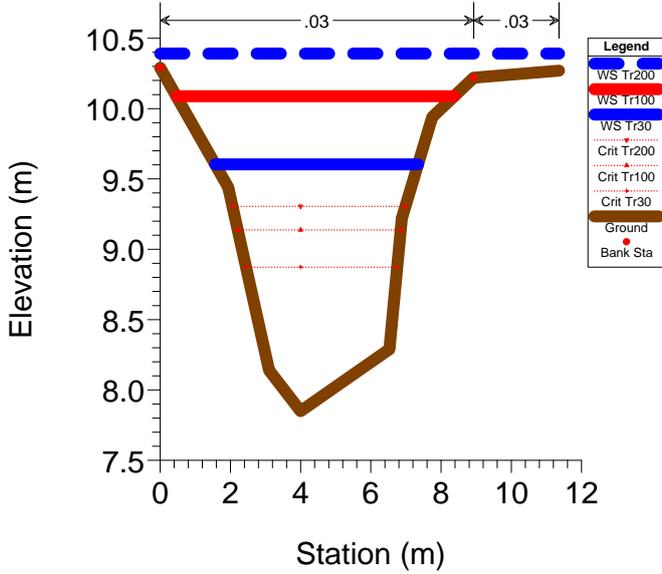
### RS = 19 Autostrada A11



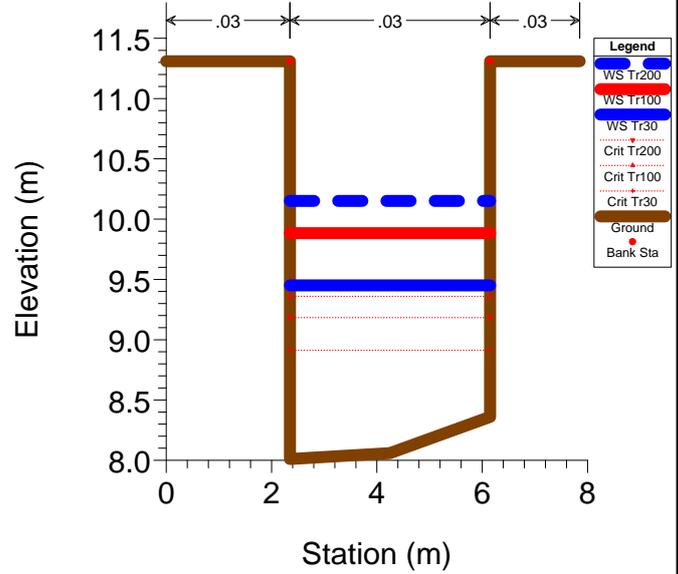
### RS = 18 Autostrada A11



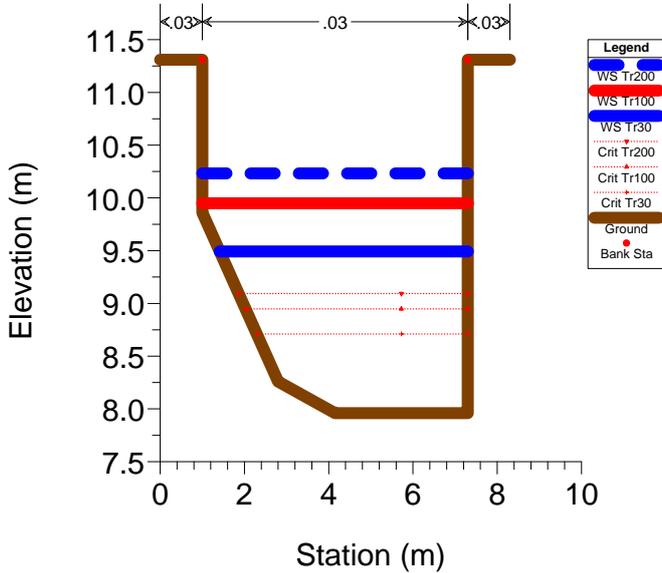
### RS = 17



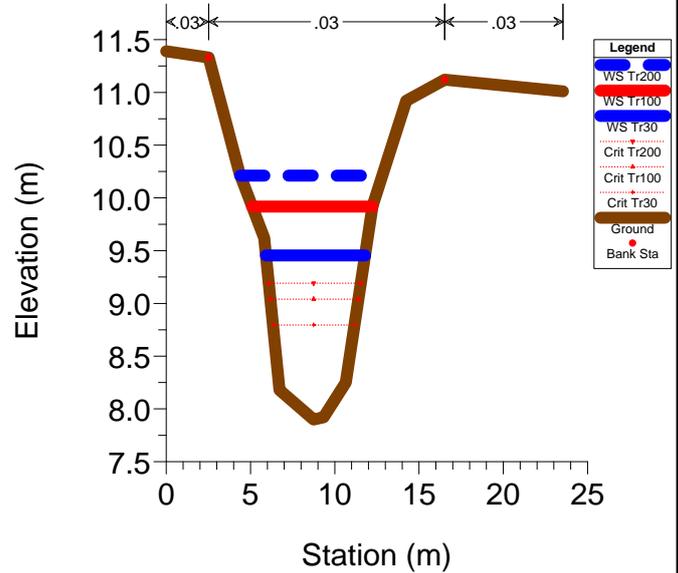
### RS = 16 Via di Lucia



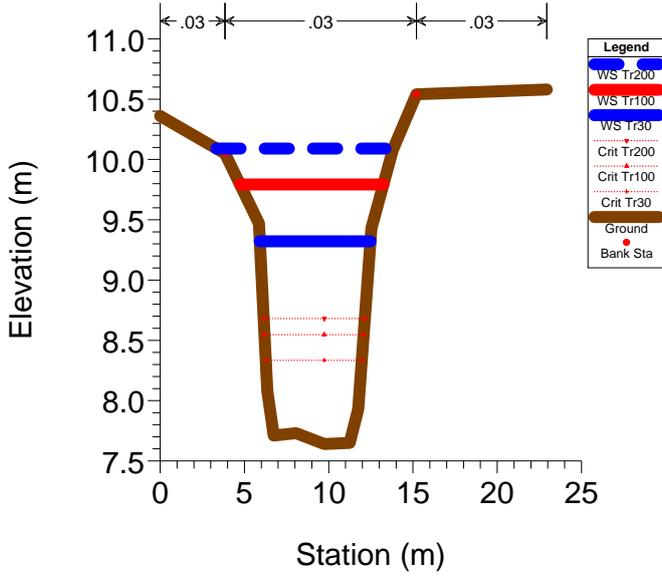
### RS = 15 Via di Lucia



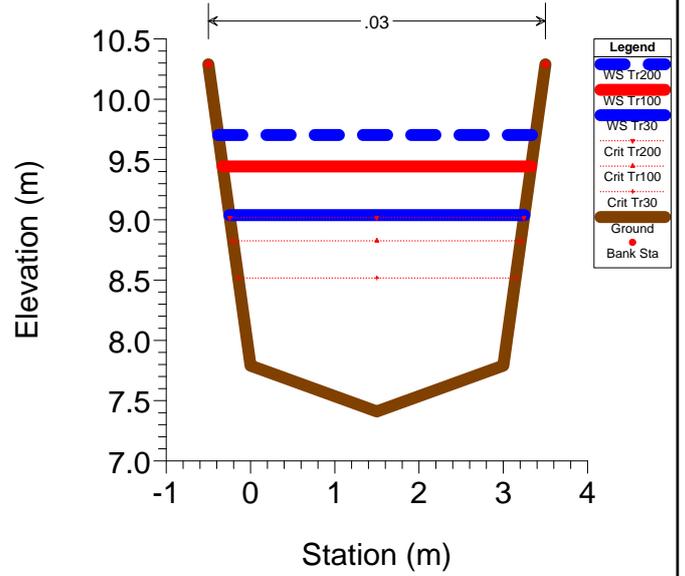
### RS = 14



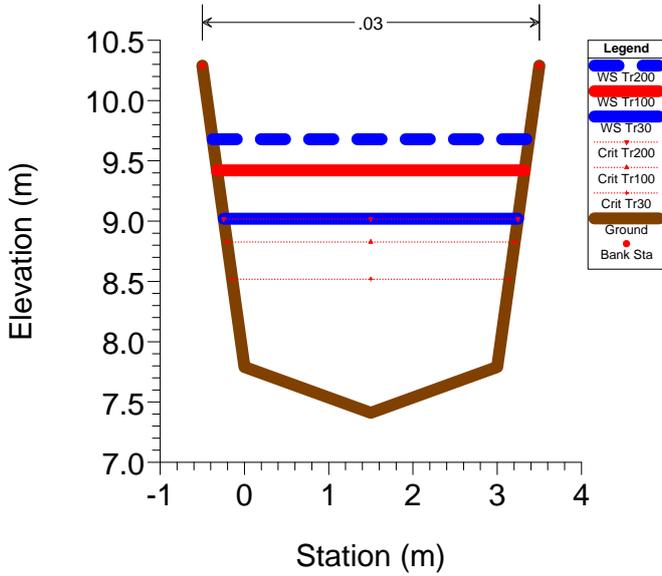
### RS = 13



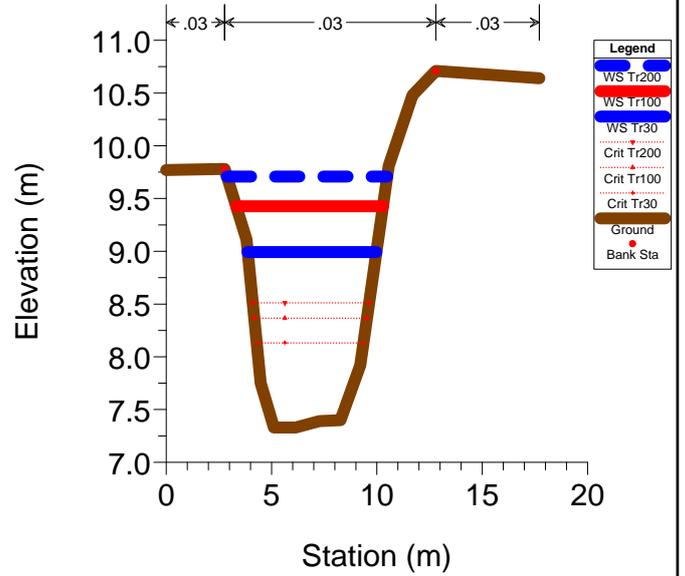
### RS = 12



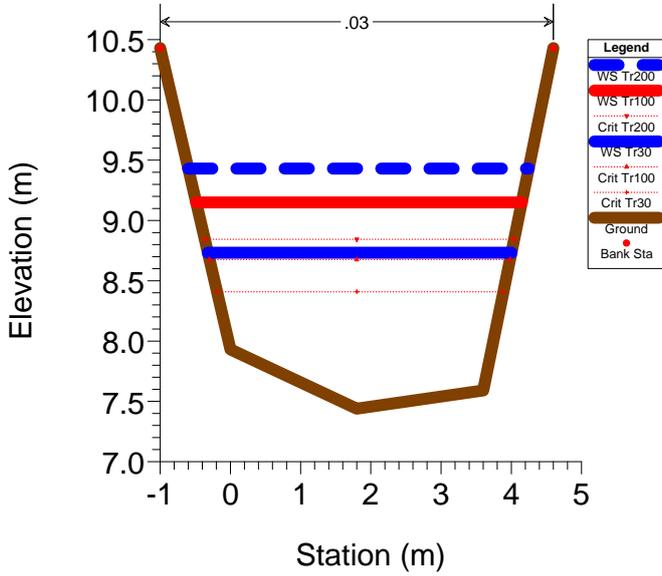
### RS = 11



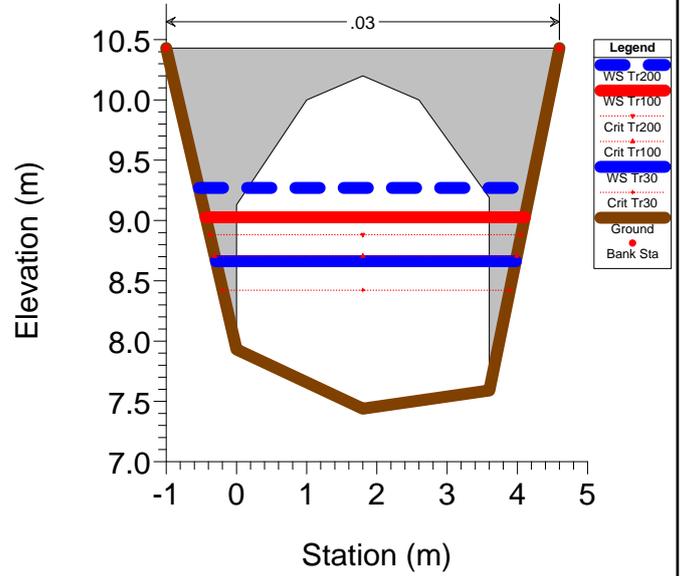
### RS = 10

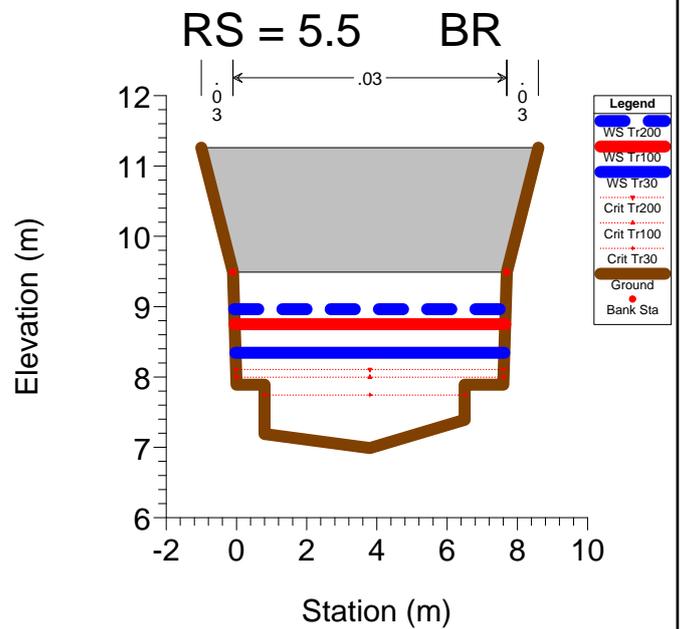
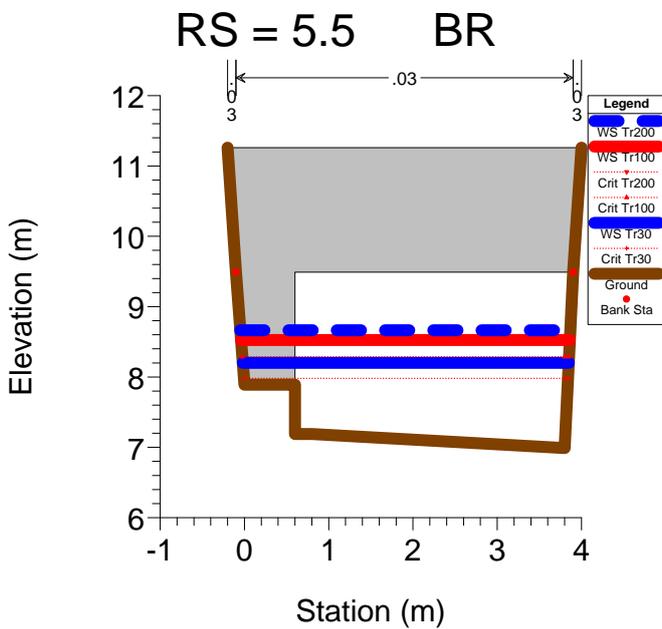
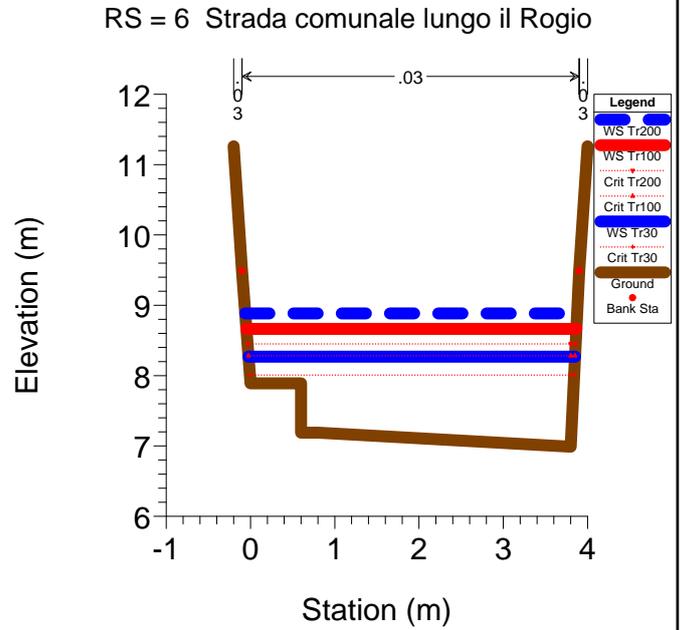
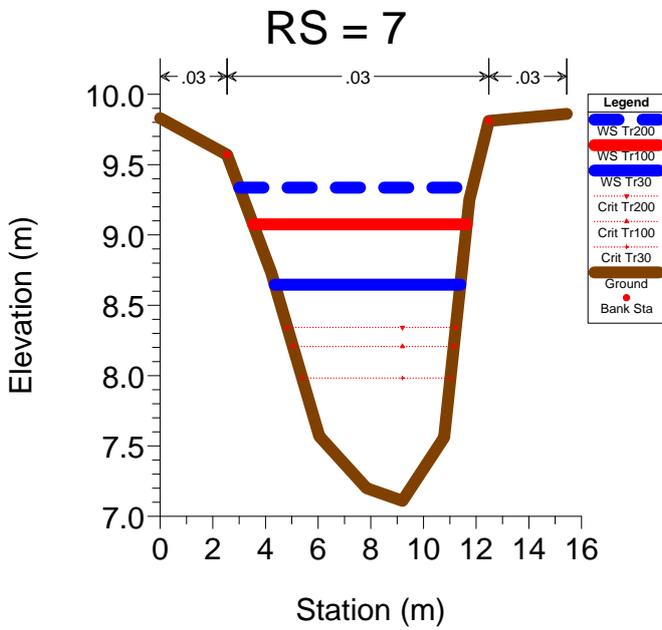
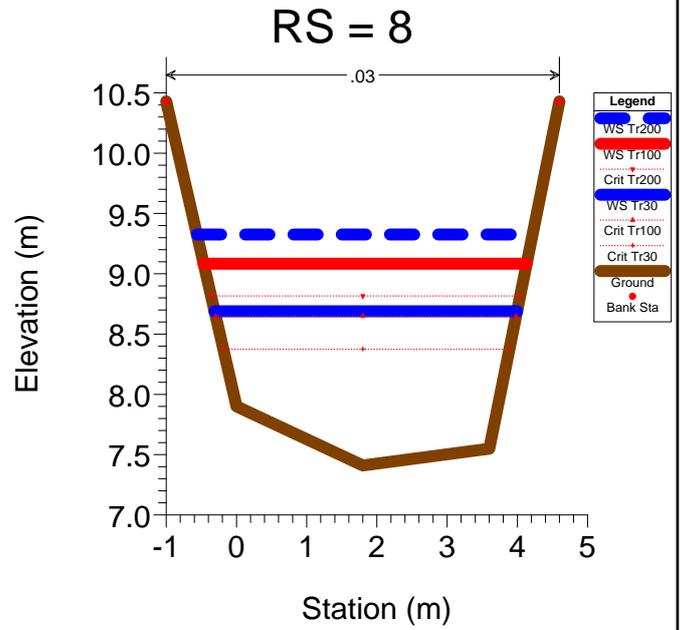
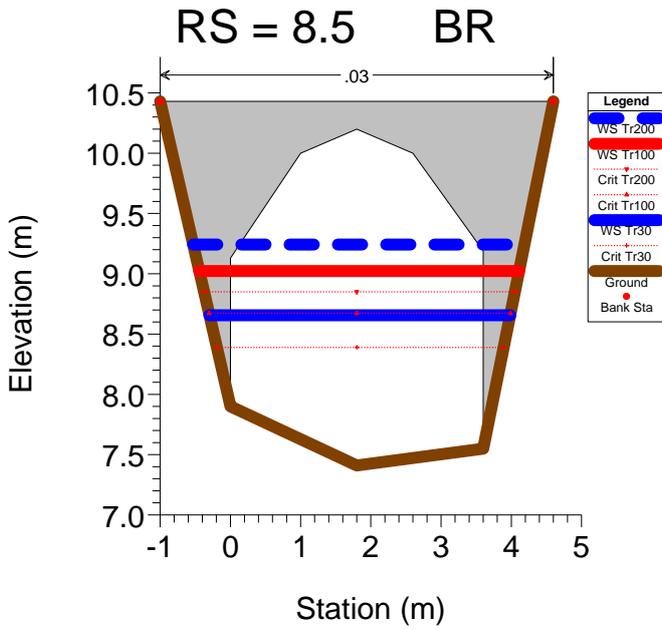


### RS = 9

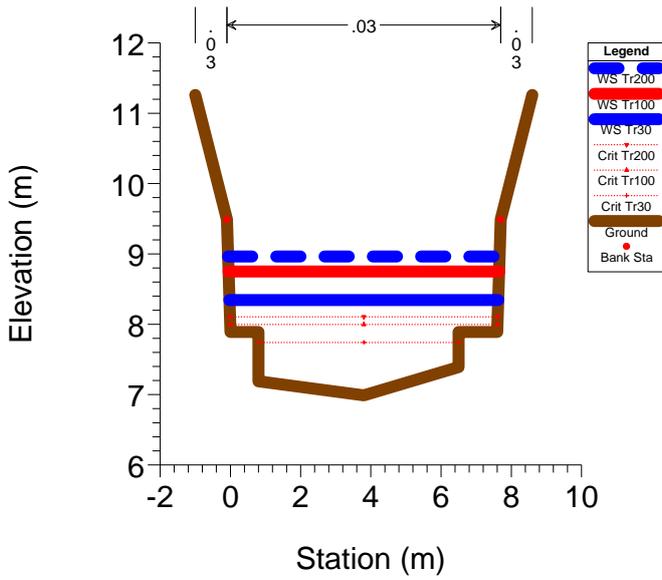


### RS = 8.5 BR

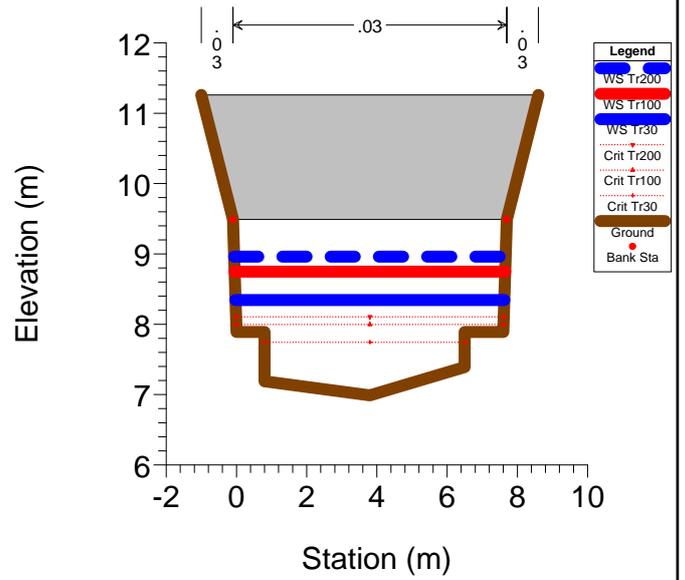




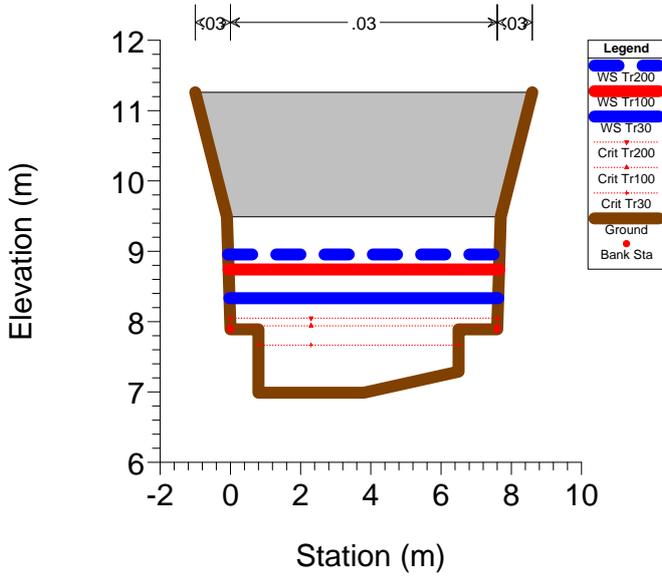
**RS = 5 Strada comunale lungo il Rogio**



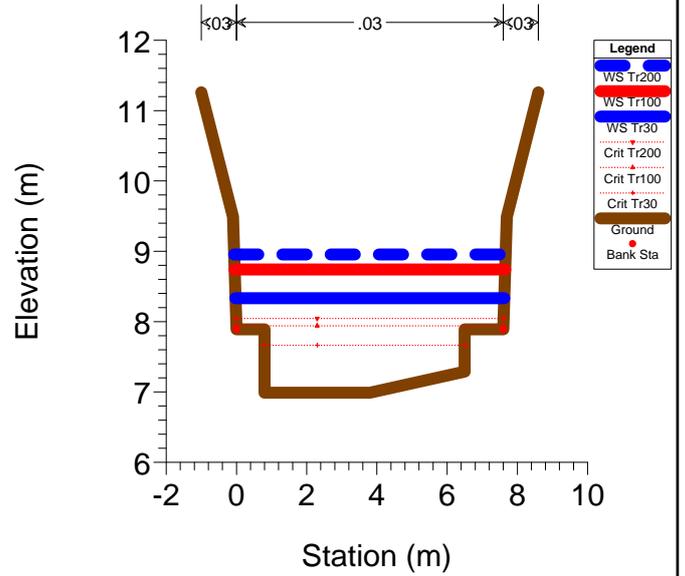
**RS = 4.5 BR**



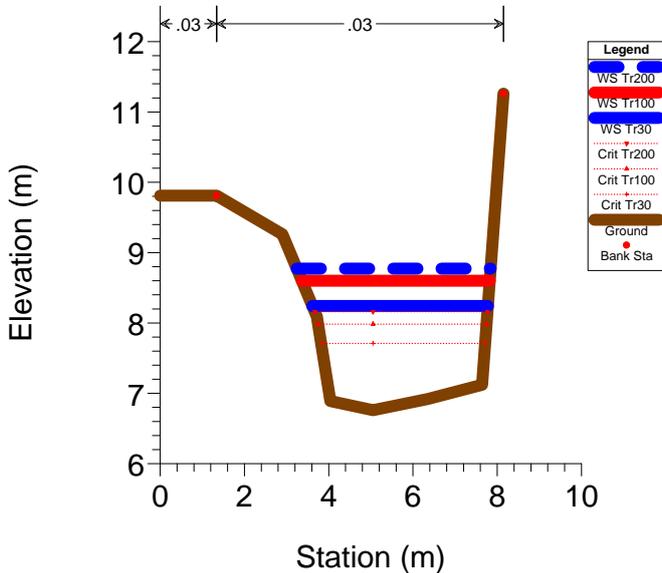
**RS = 4.5 BR**



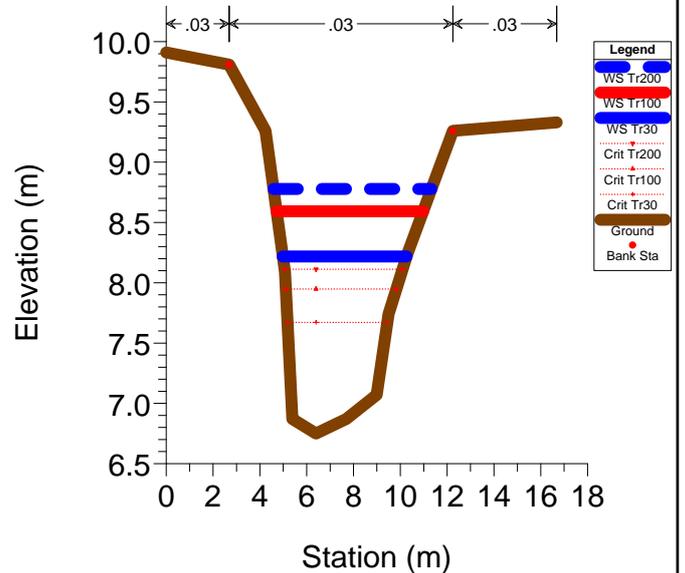
**RS = 4 Strada comunale lungo il Rogio**



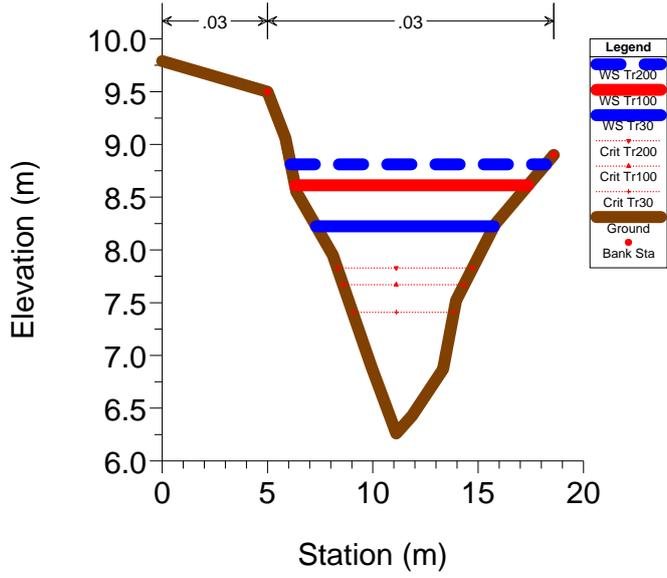
**RS = 3**



**RS = 2**



RS = 1



HEC-RAS Plan: post Senza A11 tombesist\_rev River: Frizzone Reach: Frizzone

| Reach    | River Sta | Q Total<br>(m3/s) | Min Ch El<br>(m) | W.S. Elev<br>(m) | Crit W.S.<br>(m) | E.G. Elev<br>(m) | E.G. Slope<br>(m/m) | Vel Chnl<br>(m/s) | Flow Area<br>(m2) | Top Width<br>(m) | Froude # Chl |
|----------|-----------|-------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|---------------------|-------------------|-------------------|------------------|--------------|
| Frizzone | 89        | 8.40              | 12.83            | 14.54            | 13.91            | 14.61            | 0.001418            | 1.28              | 7.46              | 10.00            | 0.37         |
| Frizzone | 89        | 13.10             | 12.83            | 14.96            | 14.24            | 15.04            | 0.001005            | 1.31              | 11.75             | 10.00            | 0.32         |
| Frizzone | 89        | 16.40             | 12.83            | 15.88            | 14.44            | 15.91            | 0.000291            | 0.94              | 20.88             | 10.00            | 0.19         |
| Frizzone | 88        | 8.40              | 12.66            | 14.49            | 13.74            | 14.55            | 0.000943            | 1.12              | 8.73              | 10.00            | 0.30         |
| Frizzone | 88        | 13.10             | 12.66            | 14.93            | 14.07            | 14.99            | 0.000729            | 1.18              | 13.13             | 10.00            | 0.28         |
| Frizzone | 88        | 16.40             | 12.66            | 15.87            | 14.27            | 15.90            | 0.000233            | 0.88              | 22.48             | 10.00            | 0.17         |
| Frizzone | 87.8      | 8.40              | 12.82            | 14.41            | 14.31            | 14.54            | 0.000966            | 1.81              | 5.68              | 10.00            | 0.46         |
| Frizzone | 87.8      | 13.10             | 12.82            | 14.91            | 14.46            | 14.99            | 0.000364            | 1.34              | 10.66             | 10.00            | 0.29         |
| Frizzone | 87.8      | 16.40             | 12.82            | 15.87            | 14.54            | 15.90            | 0.000081            | 0.81              | 20.20             | 10.00            | 0.15         |
| Frizzone | 87.2      | 8.40              | 12.82            | 14.40            | 14.31            | 14.54            | 0.001027            | 1.86              | 5.55              | 10.00            | 0.47         |
| Frizzone | 87.2      | 13.10             | 12.82            | 14.91            | 14.46            | 14.99            | 0.000368            | 1.34              | 10.63             | 10.00            | 0.30         |
| Frizzone | 87.2      | 16.40             | 12.82            | 15.86            | 14.54            | 15.90            | 0.000081            | 0.81              | 20.19             | 10.00            | 0.15         |
| Frizzone | 87        | 8.40              | 12.63            | 14.45            | 13.72            | 14.51            | 0.001025            | 1.15              | 8.44              | 10.00            | 0.31         |
| Frizzone | 87        | 13.10             | 12.63            | 14.92            | 14.05            | 14.98            | 0.000727            | 1.18              | 13.13             | 10.00            | 0.28         |
| Frizzone | 87        | 16.40             | 12.63            | 15.87            | 14.24            | 15.90            | 0.000231            | 0.87              | 22.58             | 10.00            | 0.17         |
| Frizzone | 86        | 8.40              | 12.27            | 14.35            | 13.94            | 14.40            | 0.001130            | 1.08              | 9.17              | 11.00            | 0.30         |
| Frizzone | 86        | 13.10             | 12.27            | 14.87            | 14.10            | 14.91            | 0.000653            | 1.03              | 14.80             | 11.00            | 0.24         |
| Frizzone | 86        | 16.40             | 12.27            | 15.85            | 14.19            | 15.87            | 0.000194            | 0.75              | 25.64             | 11.00            | 0.14         |
| Frizzone | 85.5      | Culvert           |                  |                  |                  |                  |                     |                   |                   |                  |              |
| Frizzone | 85        | 8.40              | 12.27            | 14.29            | 13.92            | 14.35            | 0.001336            | 1.15              | 8.70              | 11.00            | 0.33         |
| Frizzone | 85        | 13.10             | 12.27            | 14.84            | 14.08            | 14.89            | 0.000662            | 1.03              | 14.75             | 11.00            | 0.24         |
| Frizzone | 85        | 16.40             | 12.27            | 15.84            | 14.17            | 15.86            | 0.000193            | 0.75              | 25.74             | 11.00            | 0.14         |
| Frizzone | 84        | 8.40              | 12.20            | 13.96            | 13.60            | 14.13            | 0.004645            | 1.80              | 4.66              | 4.58             | 0.57         |
| Frizzone | 84        | 13.10             | 12.20            | 14.62            | 13.89            | 14.77            | 0.002752            | 1.71              | 7.65              | 4.58             | 0.42         |
| Frizzone | 84        | 16.40             | 12.20            | 15.74            | 14.04            | 15.82            | 0.001085            | 1.28              | 12.79             | 4.58             | 0.24         |
| Frizzone | 83.5      | Bridge            |                  |                  |                  |                  |                     |                   |                   |                  |              |
| Frizzone | 83        | 8.40              | 11.78            | 13.35            | 13.35            | 14.04            | 0.027630            | 3.69              | 2.28              | 1.65             | 1.00         |
| Frizzone | 83        | 13.10             | 11.78            | 13.83            | 13.83            | 14.76            | 0.032836            | 4.27              | 3.07              | 1.65             | 1.00         |
| Frizzone | 83        | 16.40             | 11.78            | 13.55            | 14.13            | 15.56            | 0.075765            | 6.29              | 2.61              | 1.65             | 1.60         |
| Frizzone | 82        | 8.40              | 11.69            | 13.14            | 12.74            | 13.27            | 0.003136            | 1.62              | 5.17              | 5.46             | 0.53         |
| Frizzone | 82        | 13.10             | 11.69            | 13.59            | 13.01            | 13.72            | 0.002305            | 1.64              | 8.41              | 11.80            | 0.47         |
| Frizzone | 82        | 16.40             | 11.69            | 13.89            | 13.16            | 14.00            | 0.001491            | 1.53              | 12.02             | 11.80            | 0.39         |
| Frizzone | 81        | 8.40              | 11.41            | 13.00            | 12.32            | 13.08            | 0.001546            | 1.26              | 6.67              | 5.65             | 0.37         |
| Frizzone | 81        | 13.10             | 11.41            | 13.49            | 12.58            | 13.57            | 0.001238            | 1.33              | 10.33             | 9.01             | 0.34         |
| Frizzone | 81        | 16.40             | 11.41            | 13.82            | 12.74            | 13.90            | 0.000954            | 1.29              | 14.08             | 13.53            | 0.31         |
| Frizzone | 80        | 8.40              | 10.92            | 12.79            | 11.85            | 12.83            | 0.000663            | 0.89              | 9.39              | 7.71             | 0.26         |
| Frizzone | 80        | 13.10             | 10.92            | 13.34            | 12.08            | 13.39            | 0.000458            | 0.91              | 15.29             | 11.71            | 0.22         |
| Frizzone | 80        | 16.40             | 10.92            | 13.72            | 12.23            | 13.76            | 0.000358            | 0.90              | 19.74             | 11.71            | 0.19         |
| Frizzone | 79        | 8.40              | 10.89            | 12.70            | 11.79            | 12.74            | 0.000727            | 0.93              | 9.05              | 7.41             | 0.27         |
| Frizzone | 79        | 13.10             | 10.89            | 13.29            | 12.03            | 13.33            | 0.000453            | 0.91              | 15.39             | 10.95            | 0.22         |
| Frizzone | 79        | 16.40             | 10.89            | 13.68            | 12.17            | 13.72            | 0.000356            | 0.89              | 19.68             | 10.95            | 0.19         |
| Frizzone | 78        | 8.40              | 10.87            | 12.61            | 11.76            | 12.69            | 0.001165            | 1.25              | 7.00              | 4.75             | 0.32         |
| Frizzone | 78        | 13.10             | 10.87            | 13.18            | 12.02            | 13.29            | 0.001135            | 1.42              | 9.74              | 5.90             | 0.31         |
| Frizzone | 78        | 16.40             | 10.87            | 13.57            | 12.18            | 13.68            | 0.001002            | 1.49              | 12.03             | 5.90             | 0.30         |
| Frizzone | 77.5      | Bridge            |                  |                  |                  |                  |                     |                   |                   |                  |              |
| Frizzone | 77        | 8.40              | 11.07            | 12.58            | 11.87            | 12.67            | 0.002422            | 1.35              | 6.24              | 5.69             | 0.41         |
| Frizzone | 77        | 13.10             | 11.07            | 13.02            | 12.26            | 13.13            | 0.002130            | 1.48              | 8.88              | 6.25             | 0.40         |
| Frizzone | 77        | 16.40             | 11.07            | 13.39            | 12.41            | 13.50            | 0.001690            | 1.46              | 11.25             | 6.45             | 0.35         |
| Frizzone | 76        | 8.40              | 10.68            | 12.60            | 11.60            | 12.64            | 0.000745            | 0.96              | 8.71              | 6.74             | 0.27         |
| Frizzone | 76        | 13.10             | 10.68            | 13.04            | 11.86            | 13.10            | 0.000720            | 1.09              | 12.48             | 8.82             | 0.27         |
| Frizzone | 76        | 16.40             | 10.68            | 13.42            | 12.02            | 13.47            | 0.000564            | 1.08              | 16.43             | 12.68            | 0.24         |
| Frizzone | 75        | 8.40              | 10.63            | 12.37            | 11.55            | 12.43            | 0.001027            | 1.08              | 7.77              | 6.26             | 0.31         |
| Frizzone | 75        | 13.10             | 10.63            | 12.83            | 11.80            | 12.90            | 0.000919            | 1.18              | 11.76             | 12.88            | 0.30         |
| Frizzone | 75        | 16.40             | 10.63            | 13.29            | 11.95            | 13.34            | 0.000507            | 1.04              | 17.97             | 13.66            | 0.23         |

HEC-RAS Plan: post Senza A11 tombesist\_rev River: Frizzone Reach: Frizzone (Continued)

| Reach    | River Sta | Q Total<br>(m3/s) | Min Ch El<br>(m) | W.S. Elev<br>(m) | Crit W.S.<br>(m) | E.G. Elev<br>(m) | E.G. Slope<br>(m/m) | Vel Chnl<br>(m/s) | Flow Area<br>(m2) | Top Width<br>(m) | Froude # Chl |
|----------|-----------|-------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|---------------------|-------------------|-------------------|------------------|--------------|
| Frizzone | 74        | 8.40              | 10.40            | 11.91            | 11.47            | 12.07            | 0.003784            | 1.79              | 4.71              | 3.89             | 0.52         |
| Frizzone | 74        | 13.10             | 10.40            | 12.32            | 11.75            | 12.54            | 0.004099            | 2.07              | 6.33              | 4.00             | 0.53         |
| Frizzone | 74        | 16.40             | 10.40            | 13.06            | 11.92            | 13.17            | 0.001535            | 1.57              | 11.94             | 10.17            | 0.33         |
| Frizzone | 73        | 8.40              | 10.50            | 11.79            | 11.43            | 12.00            | 0.005716            | 2.03              | 4.13              | 3.40             | 0.59         |
| Frizzone | 73        | 13.10             | 10.50            | 12.15            | 11.72            | 12.45            | 0.006865            | 2.45              | 5.35              | 3.40             | 0.62         |
| Frizzone | 73        | 16.40             | 10.50            | 12.91            | 11.91            | 13.13            | 0.003595            | 2.05              | 8.08              | 4.21             | 0.43         |
| Frizzone | 72.5      | Bridge            |                  |                  |                  |                  |                     |                   |                   |                  |              |
| Frizzone | 72        | 8.40              | 10.43            | 11.76            | 11.39            | 11.93            | 0.004262            | 1.83              | 4.59              | 4.26             | 0.56         |
| Frizzone | 72        | 13.10             | 10.43            | 12.07            | 11.66            | 12.32            | 0.005084            | 2.21              | 5.93              | 4.45             | 0.61         |
| Frizzone | 72        | 16.40             | 10.43            | 12.26            | 11.84            | 12.56            | 0.005552            | 2.42              | 6.76              | 4.57             | 0.64         |
| Frizzone | 71        | 8.40              | 10.42            | 11.74            | 11.30            | 11.87            | 0.002938            | 1.57              | 5.36              | 5.50             | 0.51         |
| Frizzone | 71        | 13.10             | 10.42            | 12.07            | 11.57            | 12.23            | 0.003100            | 1.80              | 7.30              | 6.29             | 0.53         |
| Frizzone | 71        | 16.40             | 10.42            | 12.28            | 11.73            | 12.46            | 0.003085            | 1.90              | 8.64              | 6.79             | 0.54         |
| Frizzone | 70        | 8.40              | 10.10            | 11.11            | 10.62            | 11.17            | 0.001388            | 1.09              | 7.71              | 8.27             | 0.36         |
| Frizzone | 70        | 13.10             | 10.10            | 11.48            | 10.79            | 11.55            | 0.001222            | 1.21              | 10.84             | 8.73             | 0.35         |
| Frizzone | 70        | 16.40             | 10.10            | 11.73            | 10.90            | 11.81            | 0.001105            | 1.25              | 13.07             | 9.04             | 0.33         |
| Frizzone | 69        | 8.40              | 10.10            | 11.08            | 10.62            | 11.15            | 0.001330            | 1.20              | 7.31              | 7.94             | 0.39         |
| Frizzone | 69        | 13.10             | 10.10            | 11.44            | 10.80            | 11.53            | 0.001102            | 1.35              | 10.28             | 8.29             | 0.37         |
| Frizzone | 69        | 16.40             | 10.10            | 11.69            | 10.91            | 11.79            | 0.000966            | 1.41              | 12.38             | 8.53             | 0.36         |
| Frizzone | 68        | 8.40              | 10.10            | 11.07            | 10.63            | 11.14            | 0.001454            | 1.24              | 6.76              | 7.93             | 0.40         |
| Frizzone | 68        | 13.10             | 10.10            | 11.43            | 10.81            | 11.53            | 0.001225            | 1.41              | 9.29              | 8.27             | 0.39         |
| Frizzone | 68        | 16.40             | 10.10            | 11.67            | 10.92            | 11.79            | 0.001087            | 1.49              | 11.03             | 8.51             | 0.38         |
| Frizzone | 67.5      | Culvert           |                  |                  |                  |                  |                     |                   |                   |                  |              |
| Frizzone | 67        | 8.40              | 10.08            | 11.01            | 10.61            | 11.10            | 0.001628            | 1.28              | 6.54              | 7.89             | 0.42         |
| Frizzone | 67        | 13.10             | 10.08            | 11.37            | 10.79            | 11.47            | 0.001364            | 1.46              | 9.00              | 8.22             | 0.41         |
| Frizzone | 67        | 16.40             | 10.08            | 11.61            | 10.90            | 11.73            | 0.001201            | 1.53              | 10.70             | 8.46             | 0.40         |
| Frizzone | 66.9      | 8.40              | 10.08            | 10.98            | 10.66            | 11.09            | 0.003130            | 1.50              | 5.61              | 6.66             | 0.52         |
| Frizzone | 66.9      | 13.10             | 10.08            | 11.33            | 10.86            | 11.47            | 0.002383            | 1.64              | 8.01              | 6.90             | 0.48         |
| Frizzone | 66.9      | 16.40             | 10.08            | 11.58            | 10.99            | 11.72            | 0.002000            | 1.70              | 9.72              | 7.07             | 0.45         |
| Frizzone | 66        | 8.40              | 10.05            | 10.93            | 10.64            | 11.05            | 0.003426            | 1.54              | 5.45              | 6.61             | 0.54         |
| Frizzone | 66        | 13.10             | 10.05            | 11.30            | 10.83            | 11.44            | 0.002454            | 1.65              | 7.95              | 6.88             | 0.48         |
| Frizzone | 66        | 16.40             | 10.05            | 11.55            | 10.96            | 11.70            | 0.002021            | 1.70              | 9.70              | 7.05             | 0.45         |
| Frizzone | 65.9      | 8.40              | 9.94             | 10.89            | 10.47            | 10.97            | 0.002095            | 1.26              | 6.67              | 7.01             | 0.41         |
| Frizzone | 65.9      | 13.10             | 9.94             | 11.27            | 10.65            | 11.37            | 0.001845            | 1.40              | 9.35              | 7.02             | 0.39         |
| Frizzone | 65.9      | 16.40             | 9.94             | 11.53            | 10.76            | 11.64            | 0.001724            | 1.47              | 11.15             | 7.02             | 0.37         |
| Frizzone | 65.89     | 8.40              | 9.94             | 10.89            | 10.47            | 10.97            | 0.002111            | 1.26              | 6.66              | 7.01             | 0.41         |
| Frizzone | 65.89     | 13.10             | 9.94             | 11.27            | 10.65            | 11.37            | 0.001853            | 1.40              | 9.34              | 7.02             | 0.39         |
| Frizzone | 65.89     | 16.40             | 9.94             | 11.53            | 10.76            | 11.64            | 0.001730            | 1.47              | 11.14             | 7.02             | 0.37         |
| Frizzone | 65.85     | Culvert           |                  |                  |                  |                  |                     |                   |                   |                  |              |
| Frizzone | 65.81     | 8.40              | 9.92             | 10.83            | 10.45            | 10.92            | 0.002392            | 1.31              | 6.39              | 7.01             | 0.44         |
| Frizzone | 65.81     | 13.10             | 9.92             | 11.21            | 10.63            | 11.32            | 0.002047            | 1.45              | 9.03              | 7.02             | 0.41         |
| Frizzone | 65.81     | 16.40             | 9.92             | 11.46            | 10.74            | 11.58            | 0.001889            | 1.52              | 10.81             | 7.02             | 0.39         |
| Frizzone | 65.8      | 8.40              | 9.90             | 10.87            | 10.31            | 10.90            | 0.000700            | 0.78              | 10.76             | 12.16            | 0.27         |
| Frizzone | 65.8      | 13.10             | 9.90             | 11.26            | 10.45            | 11.29            | 0.000549            | 0.84              | 15.63             | 13.02            | 0.24         |
| Frizzone | 65.8      | 16.40             | 9.90             | 11.52            | 10.53            | 11.55            | 0.000476            | 0.86              | 19.08             | 13.59            | 0.23         |
| Frizzone | 65        | 8.40              | 9.80             | 10.79            | 10.21            | 10.82            | 0.000658            | 0.77              | 10.97             | 12.19            | 0.26         |
| Frizzone | 65        | 13.10             | 9.80             | 11.20            | 10.35            | 11.23            | 0.000501            | 0.81              | 16.11             | 13.09            | 0.23         |
| Frizzone | 65        | 16.40             | 9.80             | 11.46            | 10.43            | 11.50            | 0.000433            | 0.83              | 19.70             | 13.68            | 0.22         |
| Frizzone | 49        | 8.40              | 9.03             | 10.45            | 9.44             | 10.46            | 0.000200            | 0.52              | 16.16             | 12.77            | 0.15         |
| Frizzone | 49        | 13.10             | 9.03             | 10.93            | 9.58             | 10.95            | 0.000182            | 0.58              | 22.54             | 13.71            | 0.14         |
| Frizzone | 49        | 16.40             | 9.03             | 11.23            | 9.66             | 11.25            | 0.000174            | 0.61              | 26.70             | 14.29            | 0.14         |
| Frizzone | 48        | 8.40              | 9.00             | 10.32            | 9.88             | 10.44            | 0.002891            | 1.54              | 5.45              | 5.22             | 0.48         |
| Frizzone | 48        | 13.10             | 9.00             | 10.79            | 10.12            | 10.93            | 0.002386            | 1.64              | 8.00              | 5.64             | 0.44         |
| Frizzone | 48        | 16.40             | 9.00             | 11.08            | 10.28            | 11.23            | 0.002218            | 1.70              | 9.67              | 5.90             | 0.42         |

HEC-RAS Plan: post Senza A11 tombesist\_rev River: Frizzone Reach: Frizzone (Continued)

| Reach    | River Sta | Q Total<br>(m3/s) | Min Ch El<br>(m) | W.S. Elev<br>(m) | Crit W.S.<br>(m) | E.G. Elev<br>(m) | E.G. Slope<br>(m/m) | Vel Chnl<br>(m/s) | Flow Area<br>(m2) | Top Width<br>(m) | Froude # Chl |
|----------|-----------|-------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|---------------------|-------------------|-------------------|------------------|--------------|
| Frizzone | 47        | 8.40              | 9.00             | 10.38            | 9.52             | 10.42            | 0.000689            | 0.87              | 9.67              | 7.03             | 0.24         |
| Frizzone | 47        | 13.10             | 9.00             | 10.85            | 9.71             | 10.90            | 0.000709            | 1.01              | 12.98             | 7.03             | 0.24         |
| Frizzone | 47        | 16.40             | 9.00             | 11.14            | 9.82             | 11.20            | 0.000733            | 1.09              | 15.02             | 7.03             | 0.24         |
| Frizzone | 46.5      | Culvert           |                  |                  |                  |                  |                     |                   |                   |                  |              |
| Frizzone | 46        | 8.40              | 9.00             | 10.36            | 9.52             | 10.40            | 0.000715            | 0.88              | 9.55              | 7.03             | 0.24         |
| Frizzone | 46        | 13.10             | 9.00             | 10.83            | 9.71             | 10.88            | 0.000735            | 1.02              | 12.82             | 7.03             | 0.24         |
| Frizzone | 46        | 16.40             | 9.00             | 11.11            | 9.82             | 11.17            | 0.000760            | 1.11              | 14.84             | 7.03             | 0.24         |
| Frizzone | 45        | 8.40              | 9.00             | 10.37            | 9.51             | 10.40            | 0.000461            | 0.74              | 11.34             | 9.60             | 0.22         |
| Frizzone | 45        | 13.10             | 9.00             | 10.84            | 9.68             | 10.87            | 0.000408            | 0.81              | 16.08             | 10.49            | 0.21         |
| Frizzone | 45        | 16.40             | 9.00             | 11.13            | 9.79             | 11.17            | 0.000385            | 0.85              | 19.20             | 11.04            | 0.21         |
| Frizzone | 44        | 8.40              | 8.99             | 10.36            | 9.50             | 10.39            | 0.000457            | 0.74              | 11.38             | 9.59             | 0.22         |
| Frizzone | 44        | 13.10             | 8.99             | 10.83            | 9.67             | 10.87            | 0.000405            | 0.81              | 16.12             | 10.49            | 0.21         |
| Frizzone | 44        | 16.40             | 8.99             | 11.12            | 9.78             | 11.16            | 0.000382            | 0.85              | 19.24             | 11.04            | 0.21         |
| Frizzone | 43        | 8.40              | 8.98             | 10.35            | 9.49             | 10.38            | 0.000453            | 0.74              | 11.41             | 9.60             | 0.22         |
| Frizzone | 43        | 13.10             | 8.98             | 10.83            | 9.66             | 10.86            | 0.000402            | 0.81              | 16.16             | 10.50            | 0.21         |
| Frizzone | 43        | 16.40             | 8.98             | 11.12            | 9.77             | 11.16            | 0.000380            | 0.85              | 19.29             | 11.05            | 0.21         |
| Frizzone | 42        | 8.40              | 8.98             | 10.35            | 9.49             | 10.38            | 0.000455            | 0.74              | 11.39             | 9.60             | 0.22         |
| Frizzone | 42        | 13.10             | 8.98             | 10.83            | 9.66             | 10.86            | 0.000403            | 0.81              | 16.14             | 10.49            | 0.21         |
| Frizzone | 42        | 16.40             | 8.98             | 11.12            | 9.77             | 11.15            | 0.000381            | 0.85              | 19.28             | 11.04            | 0.21         |
| Frizzone | 41.9      | 8.40              | 8.98             | 10.35            | 9.49             | 10.38            | 0.000456            | 0.74              | 11.38             | 9.60             | 0.22         |
| Frizzone | 41.9      | 13.10             | 8.98             | 10.83            | 9.66             | 10.86            | 0.000403            | 0.81              | 16.14             | 10.49            | 0.21         |
| Frizzone | 41.9      | 16.40             | 8.98             | 11.12            | 9.77             | 11.15            | 0.000381            | 0.85              | 19.27             | 11.04            | 0.21         |
| Frizzone | 30        | 8.40              | 8.20             | 10.19            | 8.72             | 10.20            | 0.000139            | 0.49              | 17.01             | 10.13            | 0.12         |
| Frizzone | 30        | 13.10             | 8.20             | 10.66            | 8.89             | 10.68            | 0.000163            | 0.60              | 21.99             | 10.88            | 0.13         |
| Frizzone | 30        | 16.40             | 8.20             | 10.95            | 9.00             | 10.97            | 0.000174            | 0.65              | 25.23             | 11.34            | 0.14         |
| Frizzone | 29        | 8.40              | 8.39             | 10.00            | 9.27             | 10.07            | 0.001293            | 1.16              | 7.24              | 6.35             | 0.35         |
| Frizzone | 29        | 13.10             | 8.39             | 10.47            | 9.52             | 10.55            | 0.001168            | 1.25              | 10.51             | 7.60             | 0.34         |
| Frizzone | 29        | 16.40             | 8.39             | 10.77            | 9.68             | 10.85            | 0.001061            | 1.26              | 13.36             | 12.92            | 0.33         |
| Frizzone | 28        | 8.40              | 8.47             | 9.99             | 9.29             | 10.05            | 0.001228            | 1.14              | 7.37              | 6.00             | 0.33         |
| Frizzone | 28        | 13.10             | 8.47             | 10.45            | 9.52             | 10.53            | 0.001201            | 1.29              | 10.14             | 6.00             | 0.32         |
| Frizzone | 28        | 16.40             | 8.47             | 10.73            | 9.66             | 10.83            | 0.001221            | 1.38              | 11.84             | 6.00             | 0.31         |
| Frizzone | 27        | 8.40              | 8.37             | 9.94             | 9.42             | 10.03            | 0.001918            | 1.34              | 6.25              | 6.00             | 0.42         |
| Frizzone | 27        | 13.10             | 8.37             | 10.41            | 9.66             | 10.51            | 0.001599            | 1.45              | 9.06              | 6.00             | 0.38         |
| Frizzone | 27        | 16.40             | 8.37             | 10.69            | 9.81             | 10.81            | 0.001541            | 1.52              | 10.77             | 6.00             | 0.36         |
| Frizzone | 26        | 8.40              | 8.03             | 9.91             | 9.13             | 9.97             | 0.001114            | 1.10              | 7.65              | 6.64             | 0.33         |
| Frizzone | 26        | 13.10             | 8.03             | 10.39            | 9.39             | 10.46            | 0.001017            | 1.16              | 11.26             | 8.44             | 0.32         |
| Frizzone | 26        | 16.40             | 8.03             | 10.69            | 9.54             | 10.76            | 0.000923            | 1.18              | 13.92             | 9.55             | 0.31         |
| Frizzone | 25        | 8.40              | 8.39             | 9.90             | 9.07             | 9.94             | 0.000709            | 0.89              | 9.44              | 7.42             | 0.25         |
| Frizzone | 25        | 13.10             | 8.39             | 10.38            | 9.26             | 10.43            | 0.000673            | 1.00              | 13.10             | 7.86             | 0.25         |
| Frizzone | 25        | 16.40             | 8.39             | 10.67            | 9.38             | 10.73            | 0.000663            | 1.06              | 15.44             | 8.13             | 0.25         |
| Frizzone | 24        | 8.40              | 8.24             | 9.90             | 8.94             | 9.93             | 0.000494            | 0.84              | 10.32             | 7.46             | 0.22         |
| Frizzone | 24        | 13.10             | 8.24             | 10.37            | 9.13             | 10.42            | 0.000501            | 0.97              | 13.99             | 7.88             | 0.22         |
| Frizzone | 24        | 16.40             | 8.24             | 10.67            | 9.26             | 10.72            | 0.000507            | 1.05              | 16.33             | 8.13             | 0.22         |
| Frizzone | 23        | 8.40              | 8.15             | 9.86             | 8.77             | 9.89             | 0.000382            | 0.73              | 11.58             | 7.63             | 0.19         |
| Frizzone | 23        | 13.10             | 8.15             | 10.34            | 8.96             | 10.38            | 0.000418            | 0.86              | 15.31             | 7.96             | 0.20         |
| Frizzone | 23        | 16.40             | 8.15             | 10.64            | 9.07             | 10.68            | 0.000437            | 0.93              | 17.67             | 8.17             | 0.20         |
| Frizzone | 22        | 8.40              | 7.99             | 9.87             | 8.65             | 9.89             | 0.000308            | 0.68              | 12.44             | 7.65             | 0.17         |
| Frizzone | 22        | 13.10             | 7.99             | 10.34            | 8.84             | 10.38            | 0.000355            | 0.81              | 16.18             | 7.98             | 0.18         |
| Frizzone | 22        | 16.40             | 7.99             | 10.64            | 8.96             | 10.68            | 0.000379            | 0.88              | 18.55             | 8.18             | 0.19         |
| Frizzone | 21        | 8.40              | 8.38             | 9.75             | 9.27             | 9.86             | 0.002471            | 1.49              | 5.65              | 5.52             | 0.47         |
| Frizzone | 21        | 13.10             | 8.38             | 10.23            | 9.52             | 10.35            | 0.001954            | 1.54              | 8.49              | 6.33             | 0.43         |
| Frizzone | 21        | 16.40             | 8.38             | 10.52            | 9.68             | 10.65            | 0.001748            | 1.57              | 10.43             | 6.84             | 0.41         |
| Frizzone | 20        | 8.40              | 8.28             | 9.74             | 9.21             | 9.84             | 0.002195            | 1.43              | 5.88              | 5.52             | 0.44         |
| Frizzone | 20        | 13.10             | 8.28             | 10.22            | 9.47             | 10.33            | 0.001804            | 1.50              | 8.72              | 6.33             | 0.41         |
| Frizzone | 20        | 16.40             | 8.28             | 10.51            | 9.63             | 10.64            | 0.001638            | 1.54              | 10.67             | 6.83             | 0.39         |

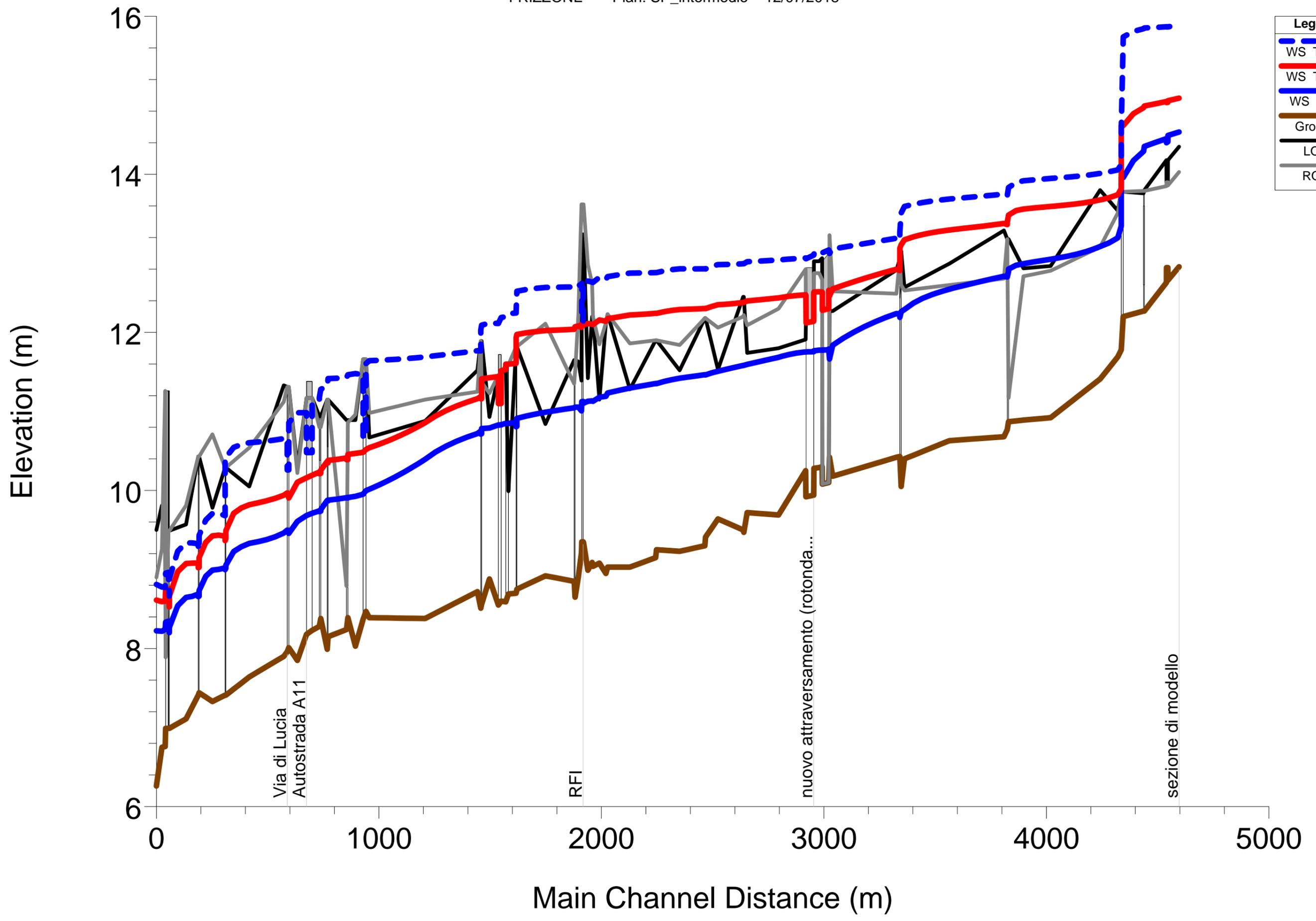
HEC-RAS Plan: post Senza A11 tombesist\_rev River: Frizzone Reach: Frizzone (Continued)

| Reach    | River Sta | Q Total<br>(m3/s) | Min Ch El<br>(m) | W.S. Elev<br>(m) | Crit W.S.<br>(m) | E.G. Elev<br>(m) | E.G. Slope<br>(m/m) | Vel Chnl<br>(m/s) | Flow Area<br>(m2) | Top Width<br>(m) | Froude # Chl |
|----------|-----------|-------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|---------------------|-------------------|-------------------|------------------|--------------|
| Frizzone | 19        | 8.40              | 8.23             | 9.71             | 8.92             | 9.78             | 0.001363            | 1.17              | 7.20              | 5.00             | 0.31         |
| Frizzone | 19        | 13.10             | 8.23             | 10.18            | 9.15             | 10.28            | 0.001502            | 1.37              | 9.56              | 5.00             | 0.32         |
| Frizzone | 19        | 16.40             | 8.23             | 10.47            | 9.29             | 10.58            | 0.001607            | 1.49              | 11.00             | 5.00             | 0.32         |
| Frizzone | 18        | 8.40              | 8.18             | 9.68             | 8.84             | 9.74             | 0.001232            | 1.12              | 7.50              | 5.00             | 0.29         |
| Frizzone | 18        | 13.10             | 8.18             | 10.15            | 9.07             | 10.24            | 0.001405            | 1.33              | 9.83              | 5.00             | 0.30         |
| Frizzone | 18        | 16.40             | 8.18             | 10.43            | 9.21             | 10.54            | 0.001524            | 1.46              | 11.26             | 5.00             | 0.31         |
| Frizzone | 17        | 8.40              | 7.85             | 9.60             | 8.87             | 9.68             | 0.001583            | 1.26              | 6.69              | 5.78             | 0.37         |
| Frizzone | 17        | 13.10             | 7.85             | 10.09            | 9.14             | 10.18            | 0.001505            | 1.32              | 9.93              | 7.91             | 0.38         |
| Frizzone | 17        | 16.40             | 7.85             | 10.39            | 9.30             | 10.48            | 0.001243            | 1.30              | 12.90             | 11.36            | 0.35         |
| Frizzone | 16        | 8.40              | 8.01             | 9.45             | 8.91             | 9.59             | 0.003389            | 1.66              | 5.05              | 3.80             | 0.46         |
| Frizzone | 16        | 13.10             | 8.01             | 9.88             | 9.18             | 10.08            | 0.003819            | 1.96              | 6.69              | 3.80             | 0.47         |
| Frizzone | 16        | 16.40             | 8.01             | 10.15            | 9.36             | 10.38            | 0.004109            | 2.13              | 7.71              | 3.80             | 0.48         |
| Frizzone | 15        | 8.40              | 7.96             | 9.49             | 8.71             | 9.56             | 0.001189            | 1.11              | 7.55              | 5.89             | 0.31         |
| Frizzone | 15        | 13.10             | 7.96             | 9.95             | 8.95             | 10.03            | 0.001201            | 1.27              | 10.35             | 6.30             | 0.32         |
| Frizzone | 15        | 16.40             | 7.96             | 10.23            | 9.09             | 10.33            | 0.001200            | 1.35              | 12.14             | 6.30             | 0.31         |
| Frizzone | 14        | 8.40              | 7.90             | 9.45             | 8.80             | 9.53             | 0.001483            | 1.24              | 6.78              | 5.88             | 0.37         |
| Frizzone | 14        | 13.10             | 7.90             | 9.92             | 9.04             | 10.01            | 0.001410            | 1.34              | 9.75              | 7.14             | 0.37         |
| Frizzone | 14        | 16.40             | 7.90             | 10.21            | 9.19             | 10.31            | 0.001336            | 1.36              | 12.04             | 8.43             | 0.36         |
| Frizzone | 13        | 8.40              | 7.64             | 9.32             | 8.33             | 9.36             | 0.000611            | 0.89              | 9.48              | 6.56             | 0.24         |
| Frizzone | 13        | 13.10             | 7.64             | 9.79             | 8.55             | 9.84             | 0.000723            | 1.01              | 12.92             | 8.49             | 0.26         |
| Frizzone | 13        | 16.40             | 7.64             | 10.09            | 8.68             | 10.15            | 0.000712            | 1.04              | 15.71             | 10.49            | 0.27         |
| Frizzone | 12        | 8.40              | 7.41             | 9.04             | 8.52             | 9.21             | 0.003864            | 1.82              | 4.63              | 3.50             | 0.50         |
| Frizzone | 12        | 13.10             | 7.41             | 9.44             | 8.83             | 9.68             | 0.004549            | 2.16              | 6.07              | 3.66             | 0.53         |
| Frizzone | 12        | 16.40             | 7.41             | 9.70             | 9.02             | 9.98             | 0.004837            | 2.33              | 7.04              | 3.77             | 0.54         |
| Frizzone | 11        | 8.40              | 7.41             | 9.02             | 8.52             | 9.19             | 0.004008            | 1.84              | 4.56              | 3.49             | 0.51         |
| Frizzone | 11        | 13.10             | 7.41             | 9.42             | 8.83             | 9.66             | 0.004713            | 2.19              | 5.99              | 3.65             | 0.54         |
| Frizzone | 11        | 16.40             | 7.41             | 9.68             | 9.02             | 9.96             | 0.005001            | 2.36              | 6.95              | 3.76             | 0.55         |
| Frizzone | 10        | 8.40              | 7.33             | 8.99             | 8.13             | 9.05             | 0.000899            | 1.04              | 8.12              | 6.11             | 0.29         |
| Frizzone | 10        | 13.10             | 7.33             | 9.43             | 8.37             | 9.50             | 0.000990            | 1.20              | 10.93             | 6.97             | 0.31         |
| Frizzone | 10        | 16.40             | 7.33             | 9.71             | 8.51             | 9.79             | 0.000987            | 1.26              | 12.99             | 7.61             | 0.31         |
| Frizzone | 9         | 8.40              | 7.44             | 8.73             | 8.41             | 8.92             | 0.004553            | 1.89              | 4.44              | 4.32             | 0.60         |
| Frizzone | 9         | 13.10             | 7.44             | 9.15             | 8.68             | 9.37             | 0.004163            | 2.08              | 6.30              | 4.64             | 0.57         |
| Frizzone | 9         | 16.40             | 7.44             | 9.43             | 8.84             | 9.67             | 0.003862            | 2.15              | 7.64              | 4.85             | 0.55         |
| Frizzone | 8.5       | Bridge            |                  |                  |                  |                  |                     |                   |                   |                  |              |
| Frizzone | 8         | 8.40              | 7.41             | 8.69             | 8.37             | 8.88             | 0.004708            | 1.91              | 4.39              | 4.31             | 0.61         |
| Frizzone | 8         | 13.10             | 7.41             | 9.08             | 8.65             | 9.32             | 0.004476            | 2.13              | 6.14              | 4.60             | 0.59         |
| Frizzone | 8         | 16.40             | 7.41             | 9.33             | 8.82             | 9.58             | 0.004407            | 2.25              | 7.28              | 4.78             | 0.58         |
| Frizzone | 7         | 8.40              | 7.11             | 8.65             | 7.98             | 8.71             | 0.001187            | 1.10              | 7.62              | 7.05             | 0.34         |
| Frizzone | 7         | 13.10             | 7.11             | 9.08             | 8.21             | 9.15             | 0.001099            | 1.21              | 10.86             | 8.11             | 0.33         |
| Frizzone | 7         | 16.40             | 7.11             | 9.34             | 8.34             | 9.42             | 0.001051            | 1.25              | 13.07             | 8.85             | 0.33         |
| Frizzone | 6         | 8.40              | 6.99             | 8.27             | 8.01             | 8.49             | 0.006979            | 2.09              | 4.01              | 3.87             | 0.66         |
| Frizzone | 6         | 13.10             | 6.99             | 8.67             | 8.28             | 8.95             | 0.006739            | 2.36              | 5.56              | 3.92             | 0.63         |
| Frizzone | 6         | 16.40             | 6.99             | 8.88             | 8.45             | 9.22             | 0.007091            | 2.55              | 6.42              | 3.94             | 0.64         |
| Frizzone | 5.5       | Bridge            |                  |                  |                  |                  |                     |                   |                   |                  |              |
| Frizzone | 5         | 8.40              | 6.99             | 8.34             | 7.74             | 8.40             | 0.001430            | 1.08              | 7.76              | 7.66             | 0.34         |
| Frizzone | 5         | 13.10             | 6.99             | 8.75             | 8.00             | 8.82             | 0.001257            | 1.21              | 10.87             | 7.71             | 0.32         |
| Frizzone | 5         | 16.40             | 6.99             | 8.96             | 8.11             | 9.05             | 0.001298            | 1.31              | 12.52             | 7.73             | 0.33         |
| Frizzone | 4.5       | Bridge            |                  |                  |                  |                  |                     |                   |                   |                  |              |
| Frizzone | 4         | 8.40              | 6.99             | 8.33             | 7.66             | 8.39             | 0.001135            | 1.04              | 8.11              | 7.66             | 0.32         |
| Frizzone | 4         | 13.10             | 6.99             | 8.74             | 7.94             | 8.81             | 0.000938            | 1.17              | 11.23             | 7.71             | 0.31         |
| Frizzone | 4         | 16.40             | 6.99             | 8.95             | 8.04             | 9.04             | 0.000936            | 1.28              | 12.88             | 7.73             | 0.31         |
| Frizzone | 3         | 8.40              | 6.76             | 8.24             | 7.71             | 8.38             | 0.003049            | 1.63              | 5.16              | 4.16             | 0.47         |
| Frizzone | 3         | 13.10             | 6.76             | 8.60             | 7.98             | 8.79             | 0.003640            | 1.96              | 6.70              | 4.46             | 0.51         |
| Frizzone | 3         | 16.40             | 6.76             | 8.77             | 8.16             | 9.02             | 0.004232            | 2.19              | 7.49              | 4.60             | 0.55         |

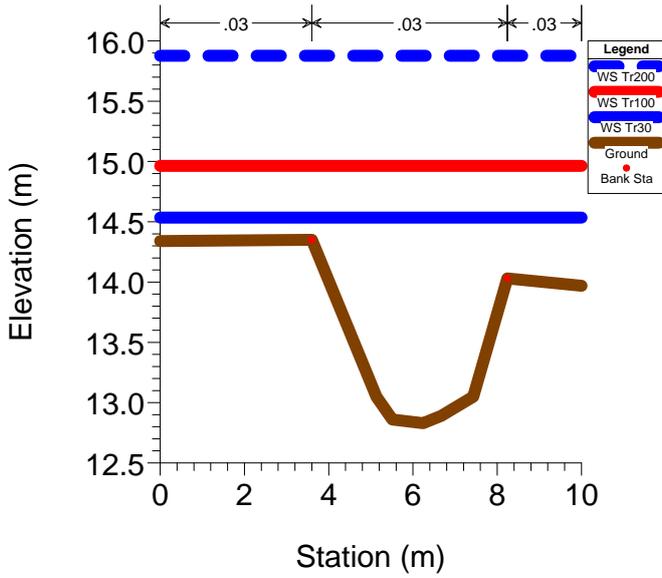
HEC-RAS Plan: post Senza A11 tombesist\_rev River: Frizzone Reach: Frizzone (Continued)

| Reach    | River Sta | Q Total<br>(m3/s) | Min Ch El<br>(m) | W.S. Elev<br>(m) | Crit W.S.<br>(m) | E.G. Elev<br>(m) | E.G. Slope<br>(m/m) | Vel Chnl<br>(m/s) | Flow Area<br>(m2) | Top Width<br>(m) | Froude # Chl |
|----------|-----------|-------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|---------------------|-------------------|-------------------|------------------|--------------|
| Frizzone | 2         | 8.40              | 6.75             | 8.22             | 7.67             | 8.33             | 0.002463            | 1.47              | 5.70              | 5.29             | 0.45         |
| Frizzone | 2         | 13.10             | 6.75             | 8.59             | 7.95             | 8.73             | 0.002581            | 1.67              | 7.86              | 6.26             | 0.47         |
| Frizzone | 2         | 16.40             | 6.75             | 8.78             | 8.11             | 8.94             | 0.002776            | 1.81              | 9.07              | 6.75             | 0.50         |
|          |           |                   |                  |                  |                  |                  |                     |                   |                   |                  |              |
| Frizzone | 1         | 8.40              | 6.26             | 8.22             | 7.41             | 8.27             | 0.001001            | 0.99              | 8.52              | 8.44             | 0.31         |
| Frizzone | 1         | 13.10             | 6.26             | 8.61             | 7.67             | 8.67             | 0.001000            | 1.06              | 12.33             | 11.07            | 0.32         |
| Frizzone | 1         | 16.40             | 6.26             | 8.81             | 7.83             | 8.87             | 0.001001            | 1.12              | 14.62             | 12.11            | 0.33         |

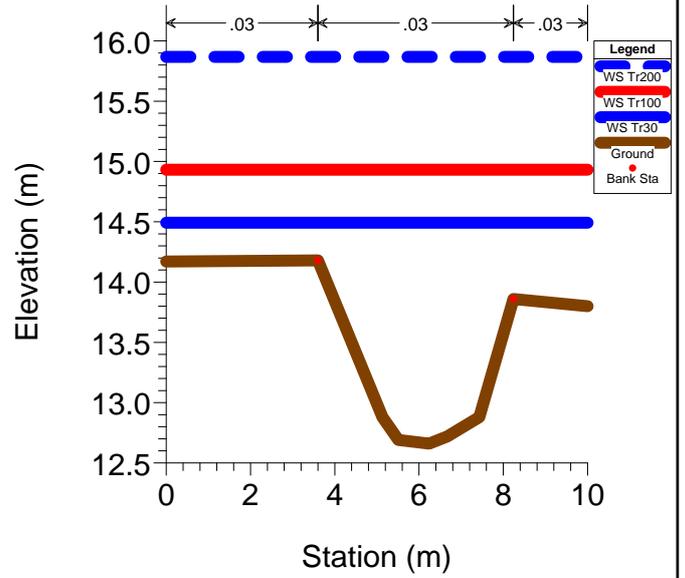
**RISULTATI DEI CALCOLO IDRAULICI  
MODELLO MONODIMENSIONALE  
RIO FRIZZONE  
CONFIGURAZIONE STATO DI PROGETTO – POST OPERAM**



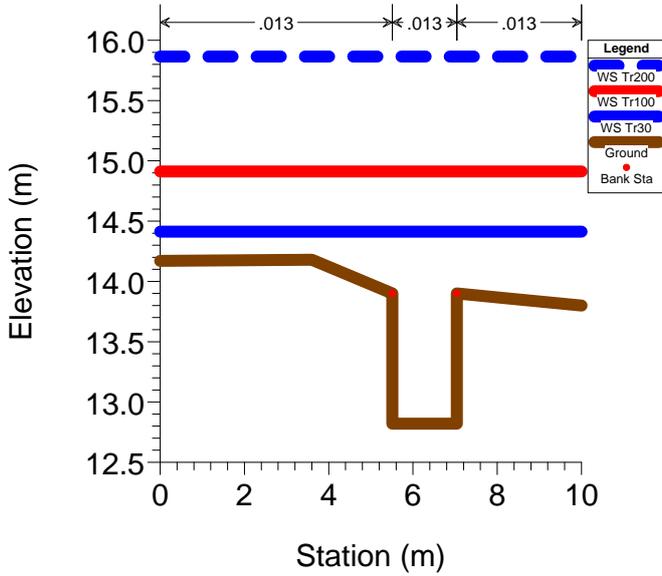
### RS = 89 sezione di modello



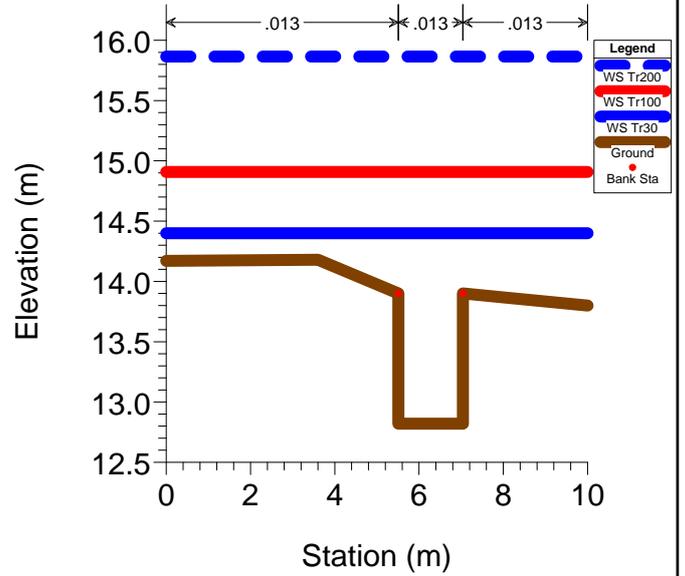
### RS = 88



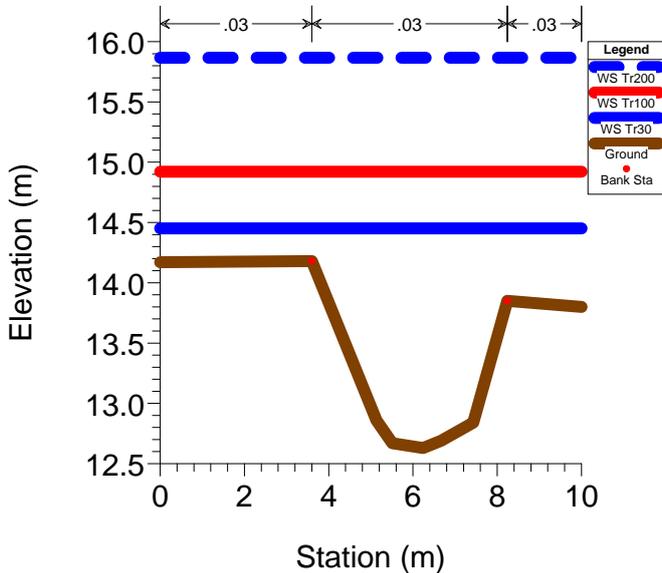
### RS = 87.8



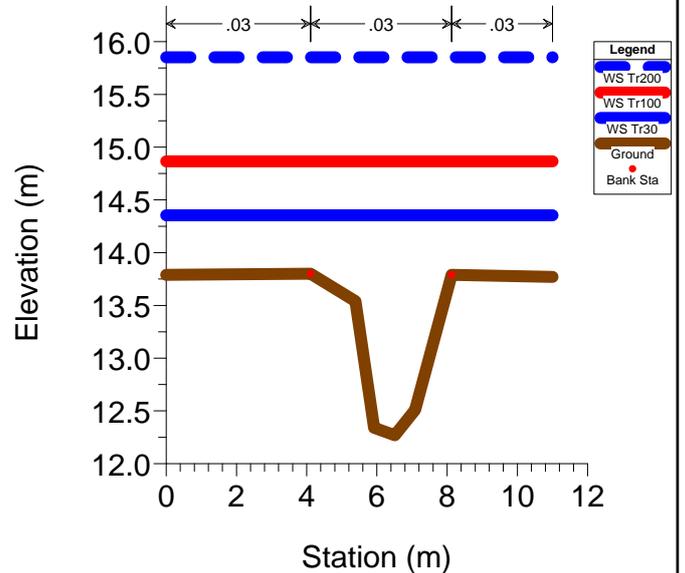
### RS = 87.2



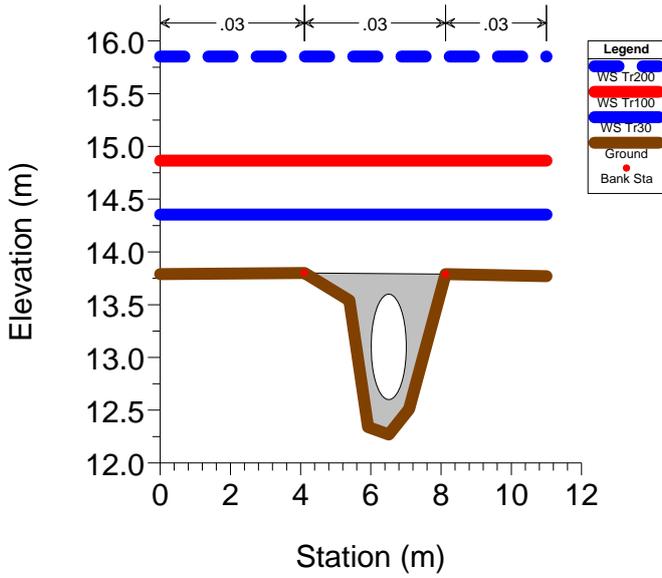
### RS = 87



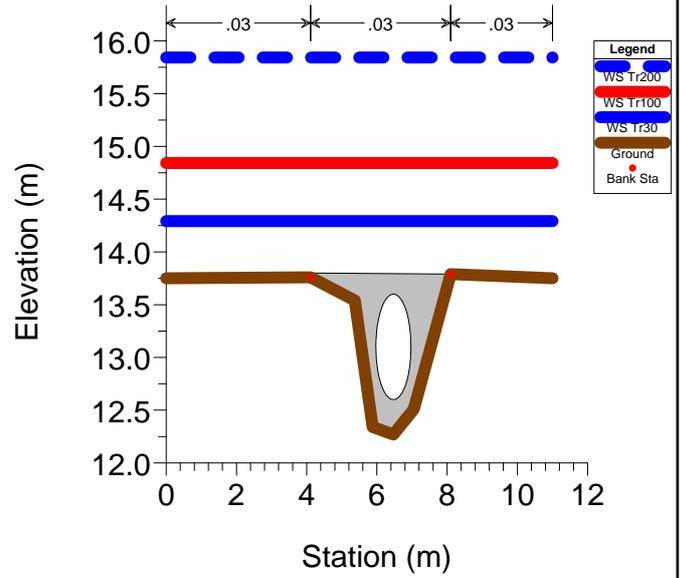
### RS = 86



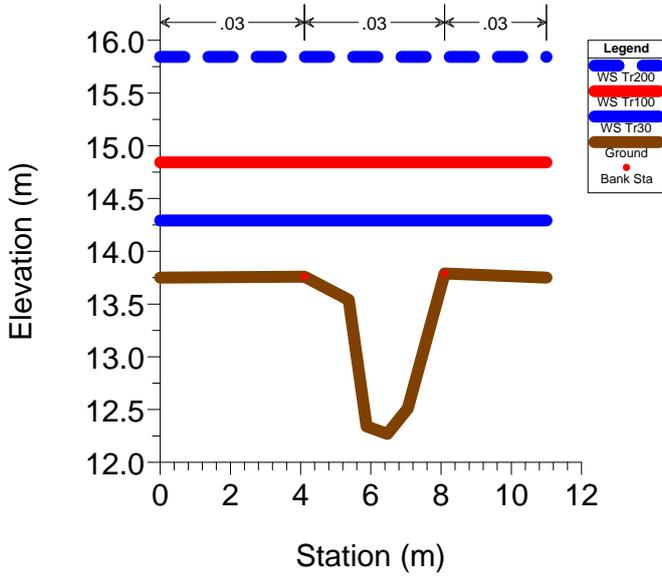
### RS = 85.5 Culv



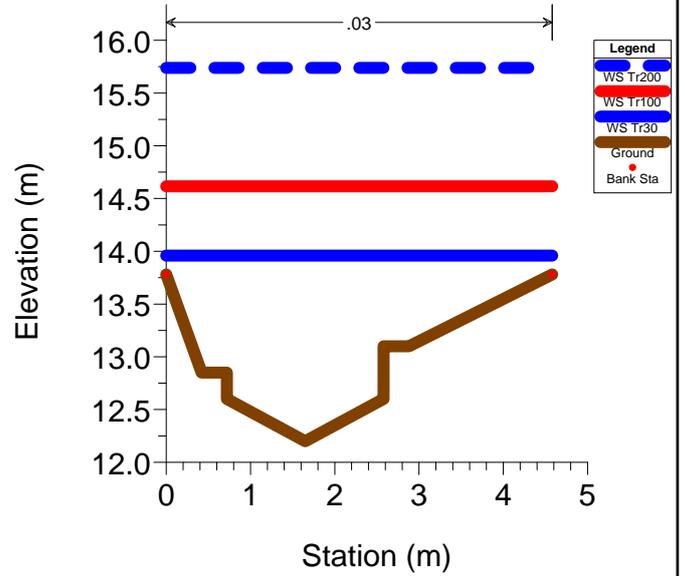
### RS = 85.5 Culv



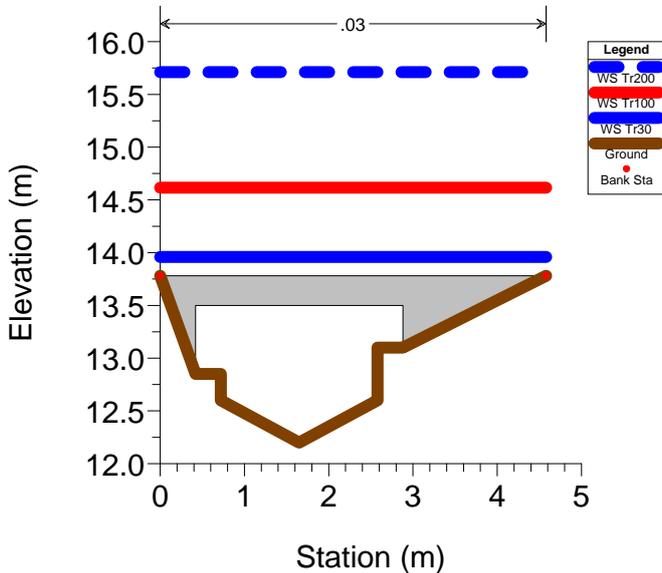
### RS = 85



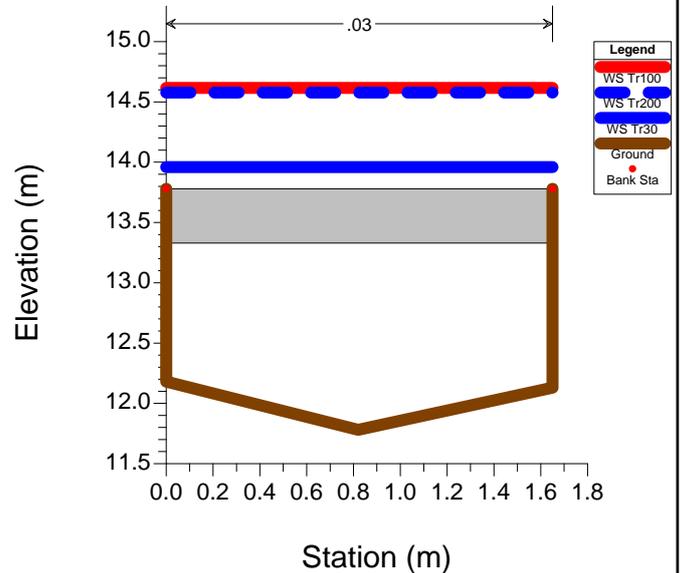
### RS = 84



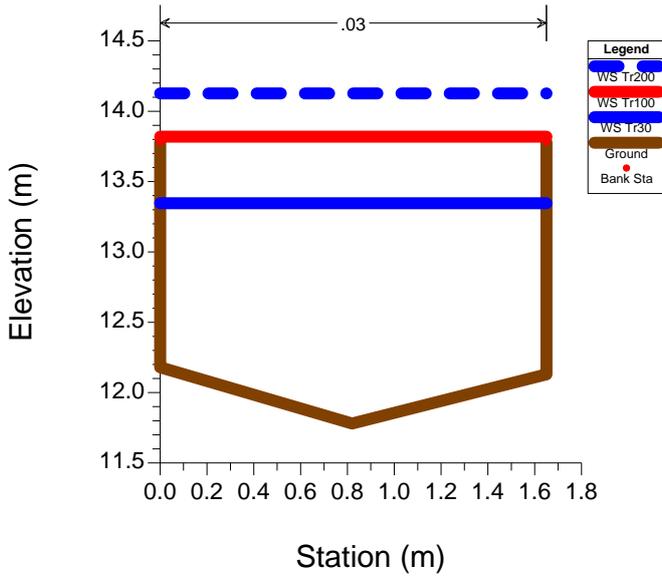
### RS = 83.5 BR



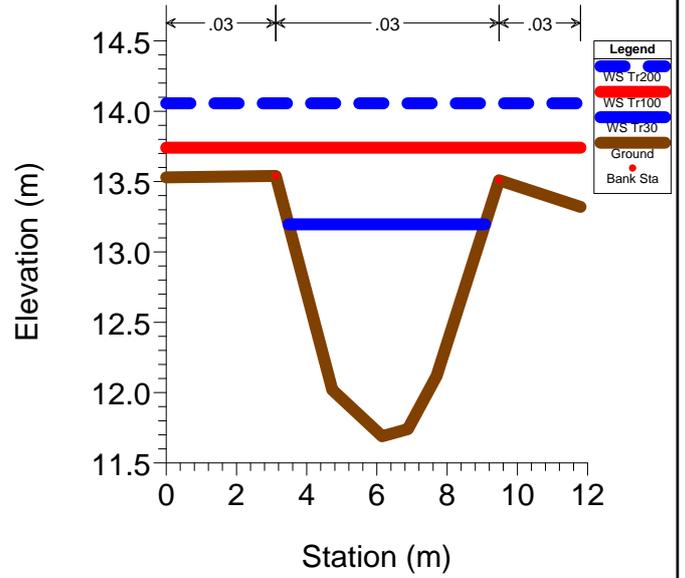
### RS = 83.5 BR



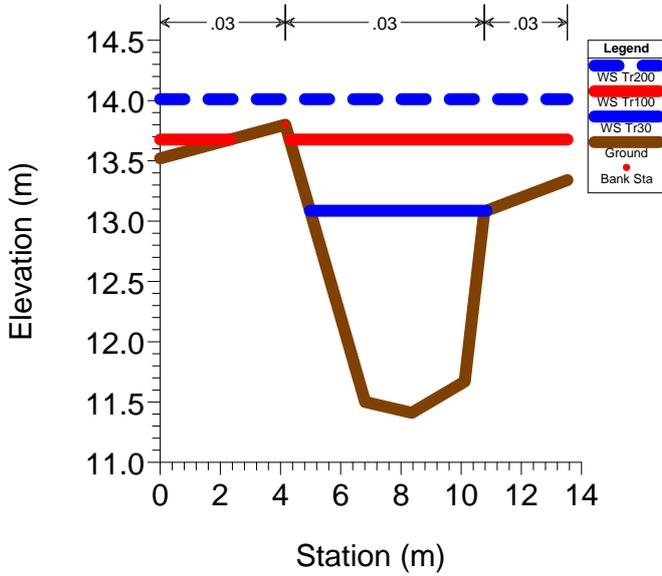
### RS = 83



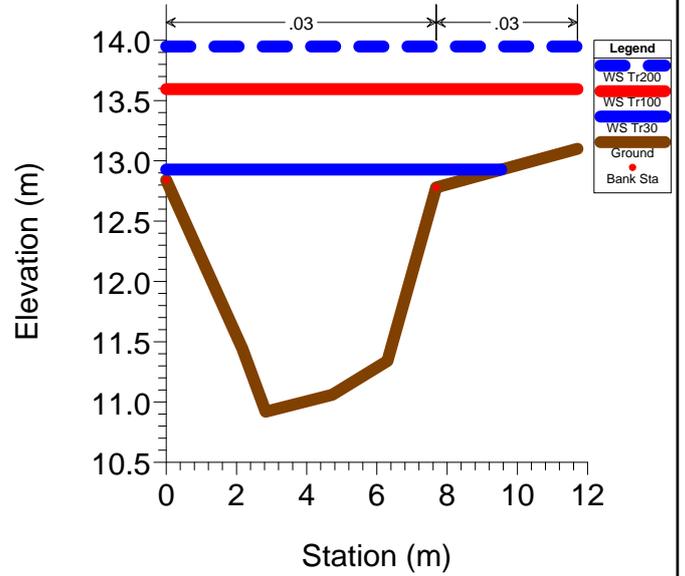
### RS = 82



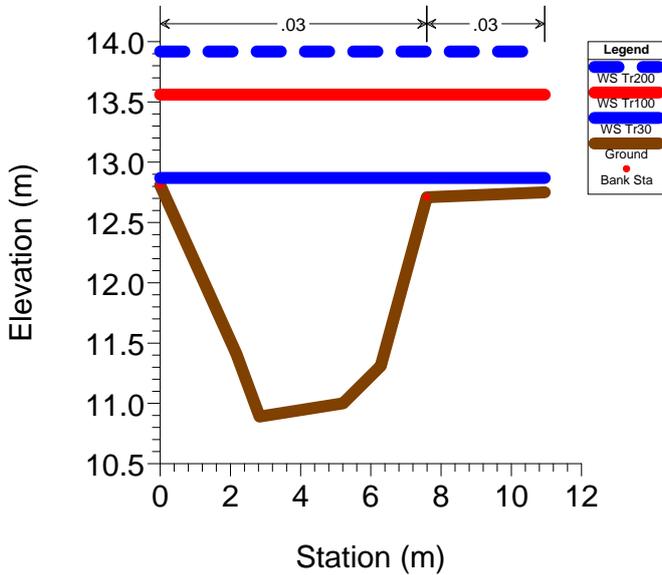
### RS = 81



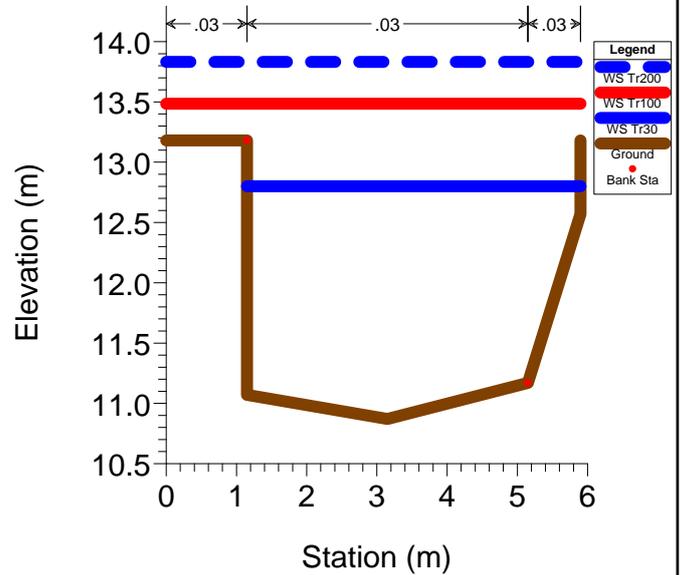
### RS = 80



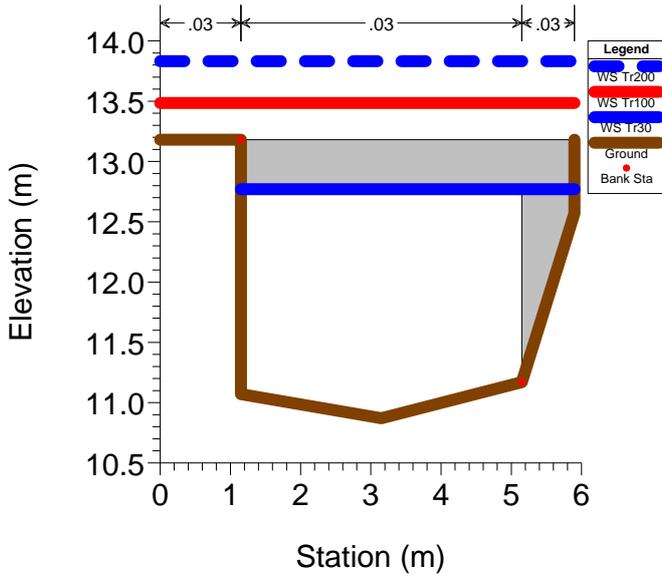
### RS = 79



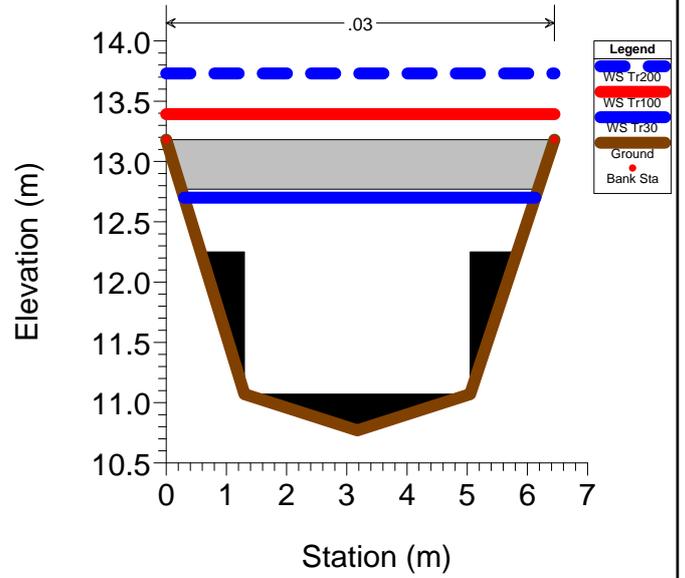
### RS = 78



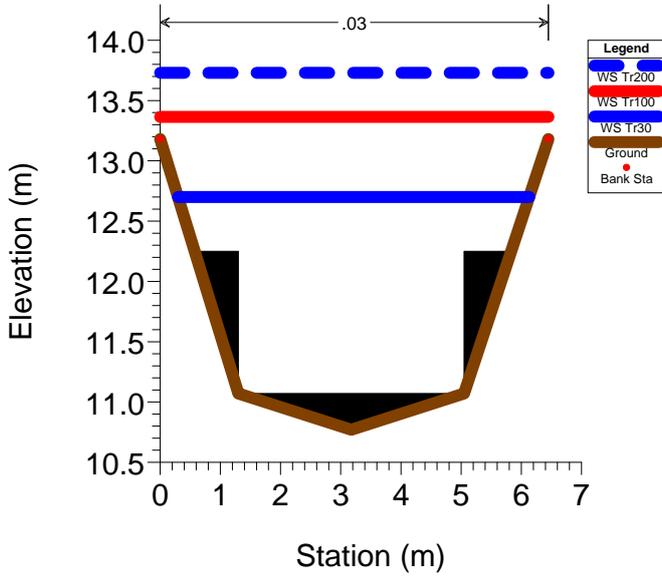
### RS = 77.5 BR



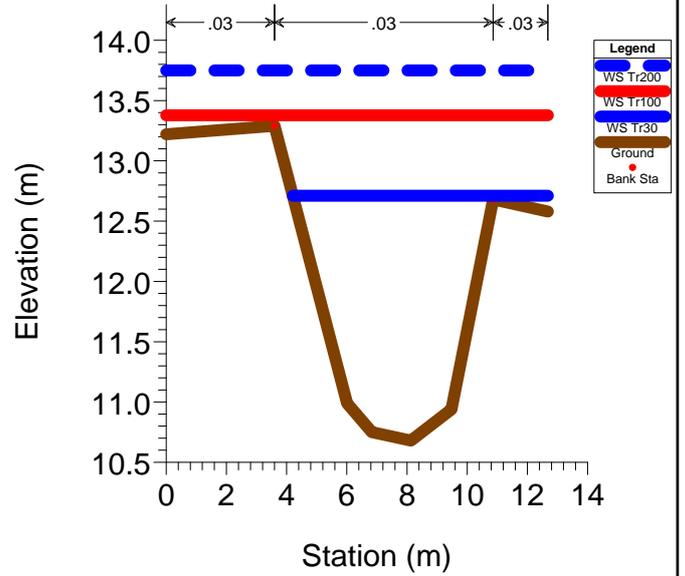
### RS = 77.5 BR



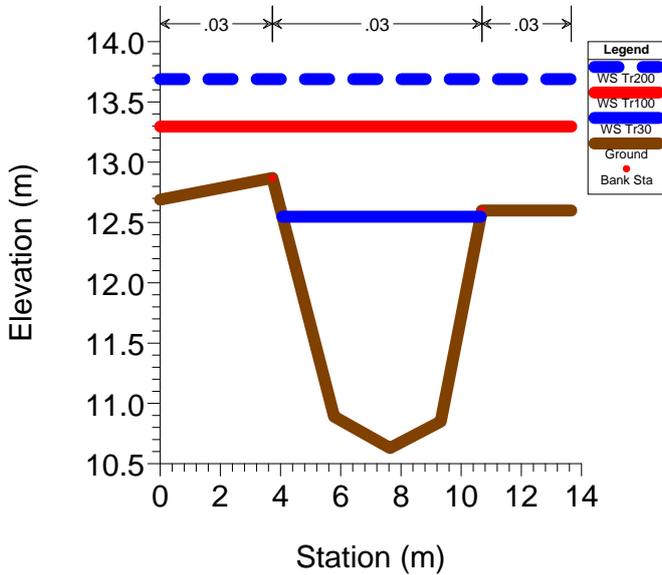
### RS = 77



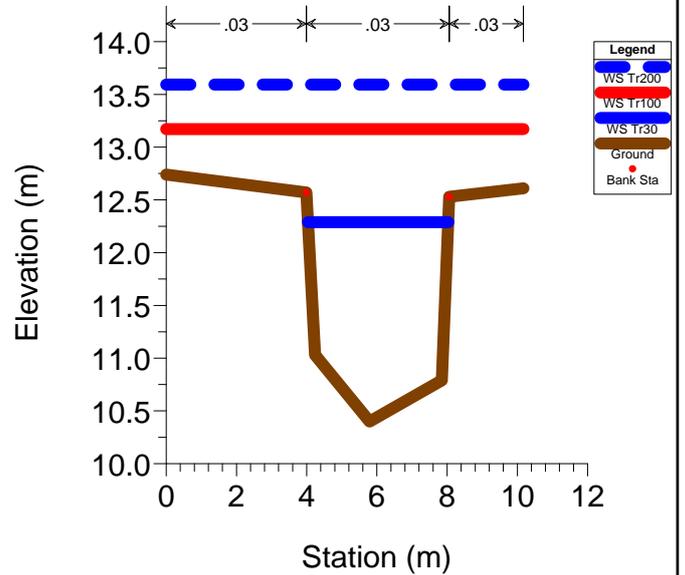
### RS = 76



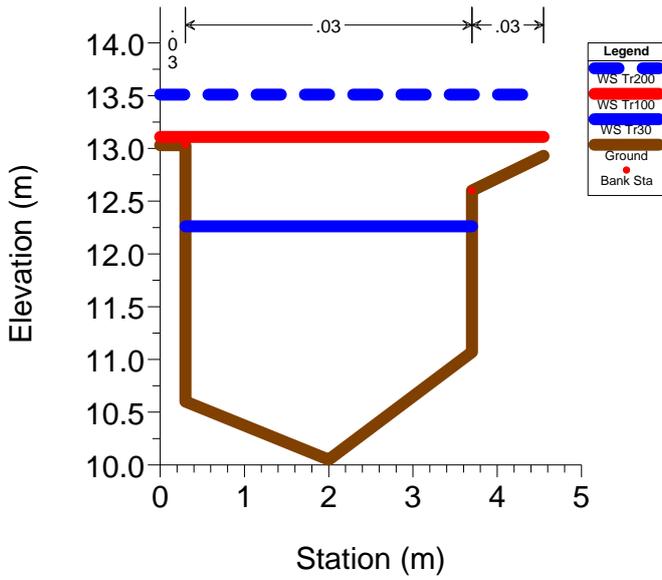
### RS = 75



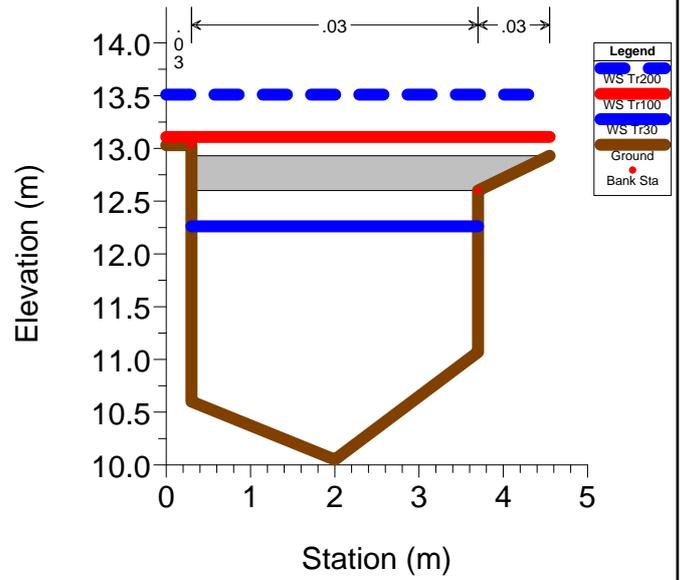
### RS = 74



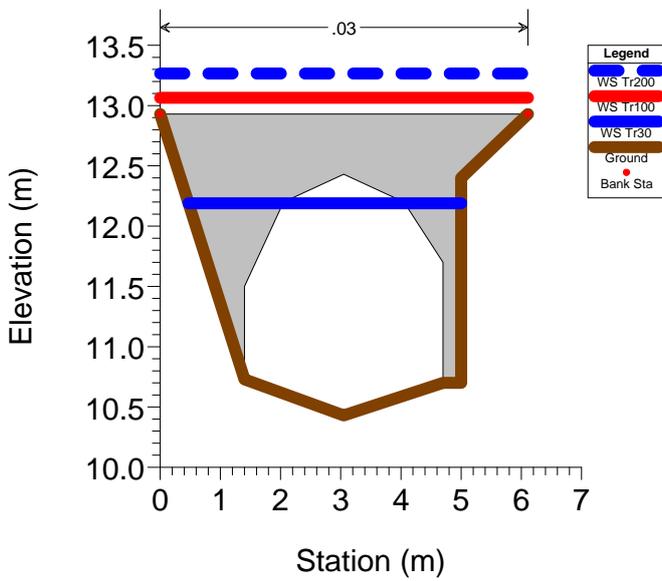
RS = 73



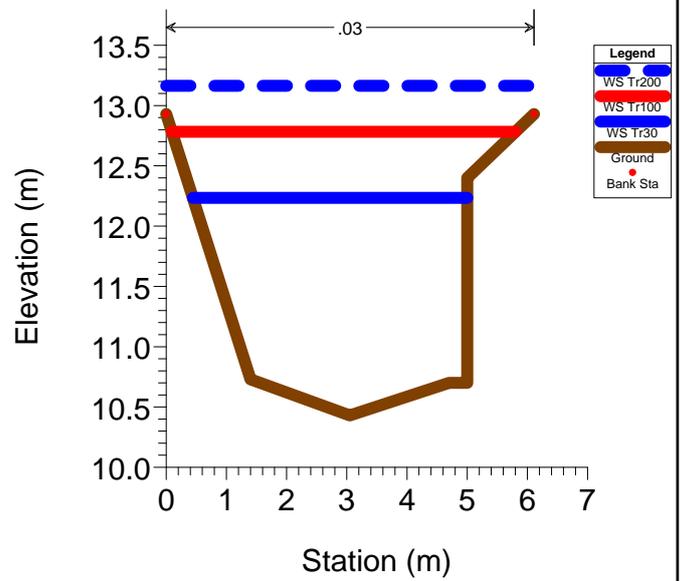
RS = 72.5 BR



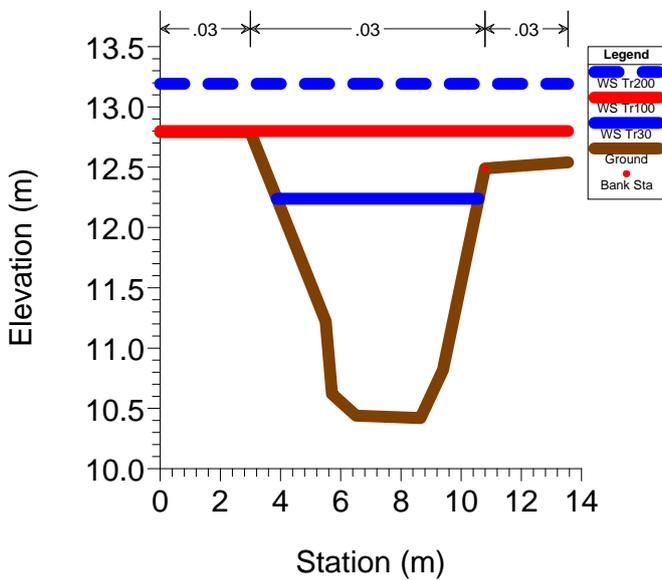
RS = 72.5 BR



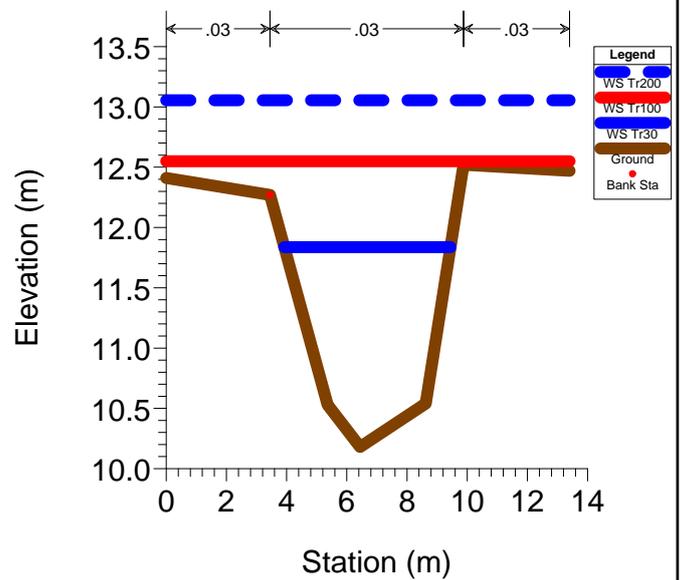
RS = 72



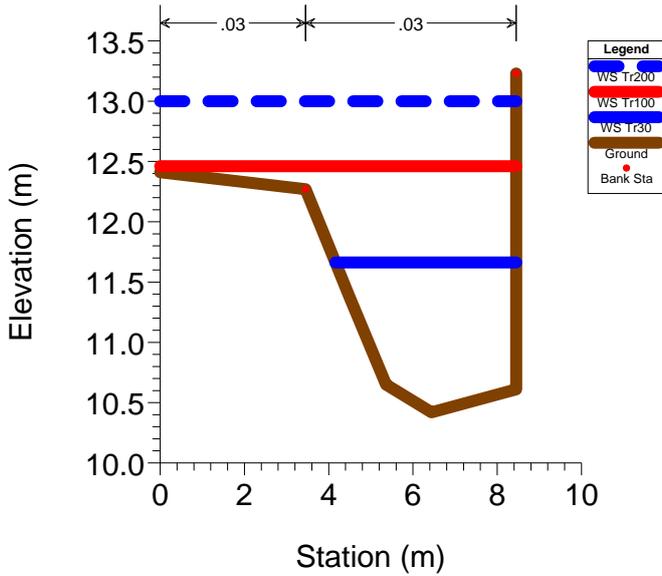
RS = 71



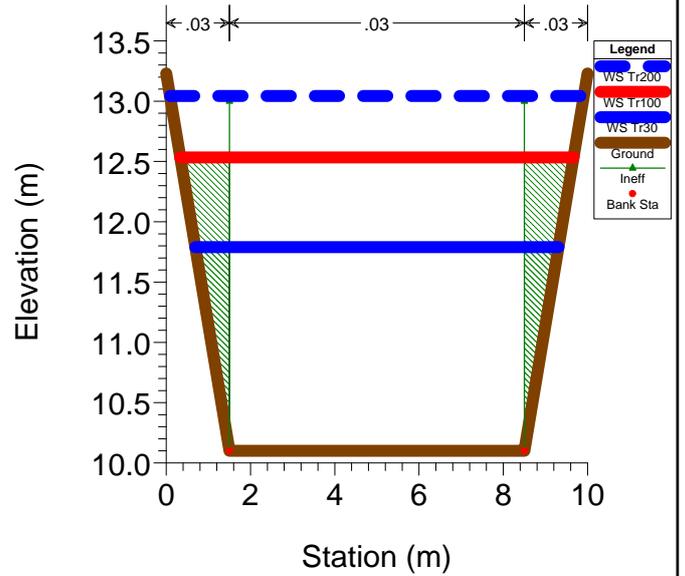
RS = 70



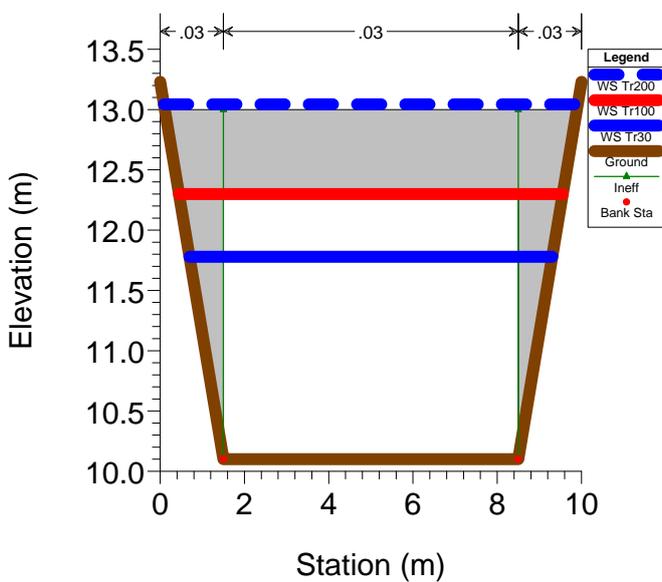
RS = 69



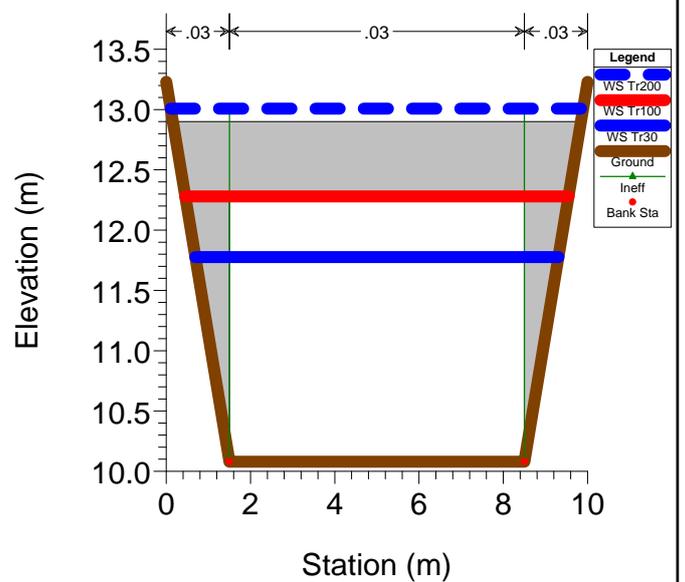
RS = 68 Strada provinciale Romana



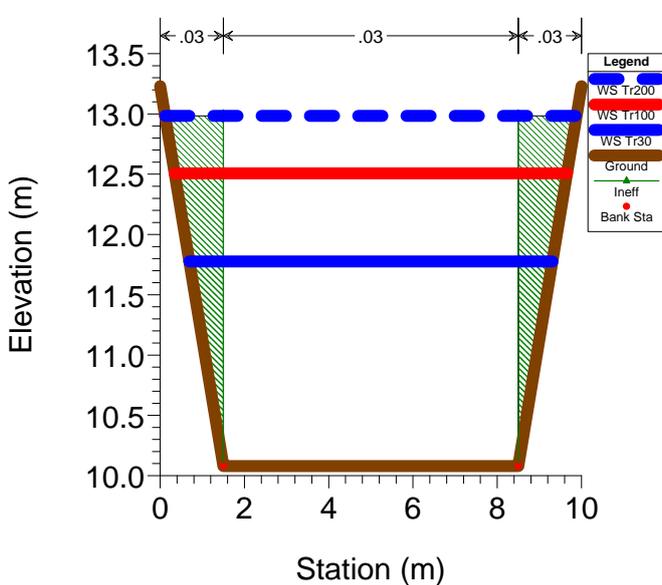
RS = 67.5 Culv via Romana



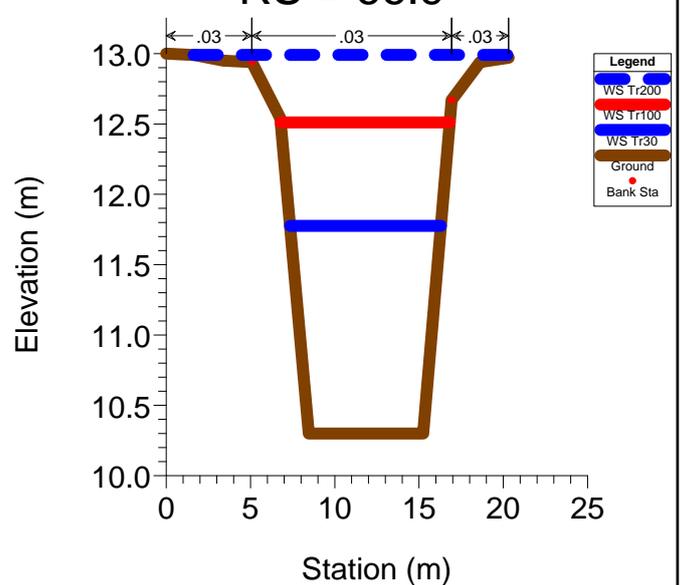
RS = 67.5 Culv via Romana



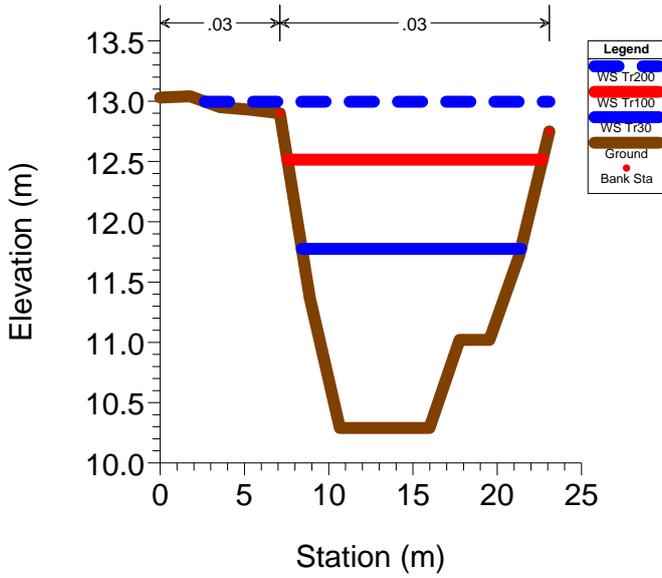
RS = 67 Strada provinciale Romana



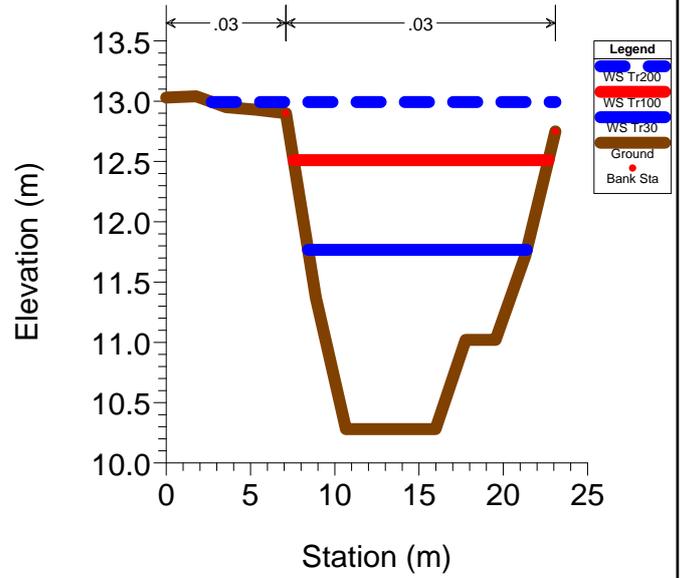
RS = 66.9



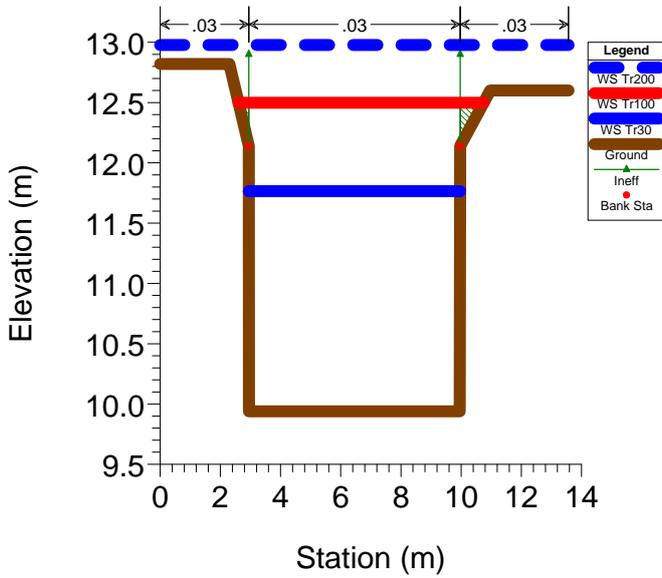
RS = 66



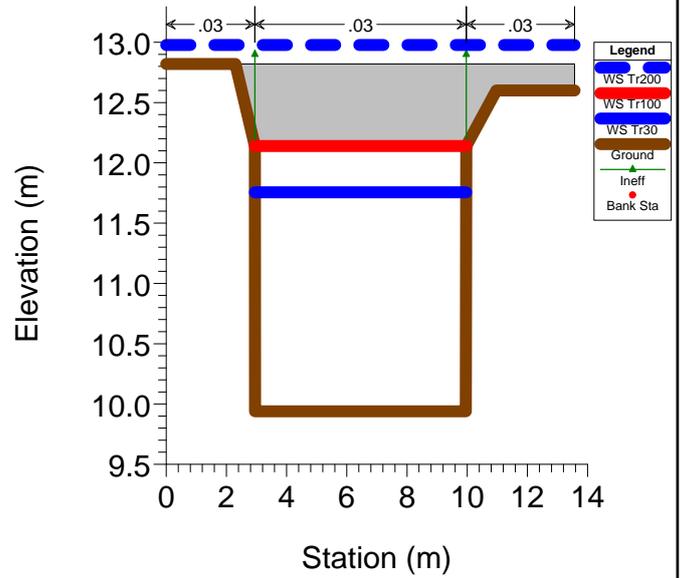
RS = 65.9



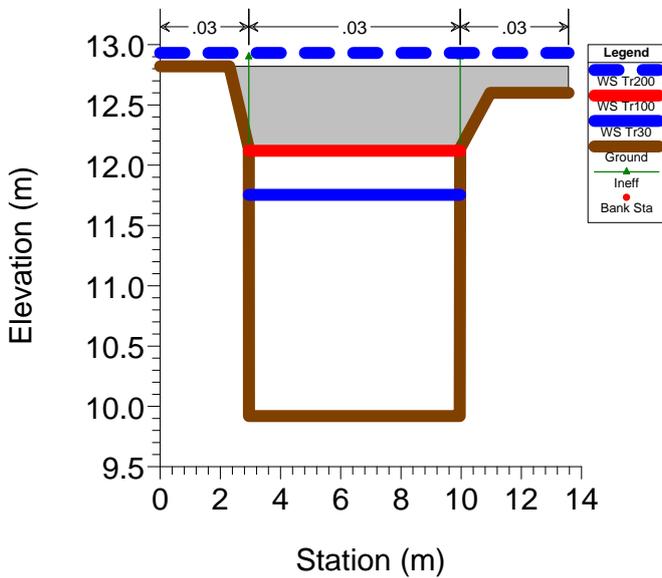
RS = 65.89



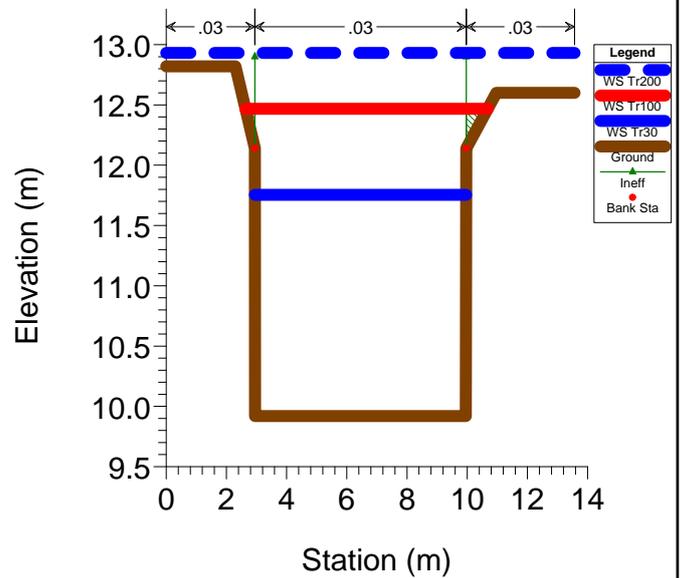
RS = 65.85 Culv nuovo attraversamento (rotonda) SP



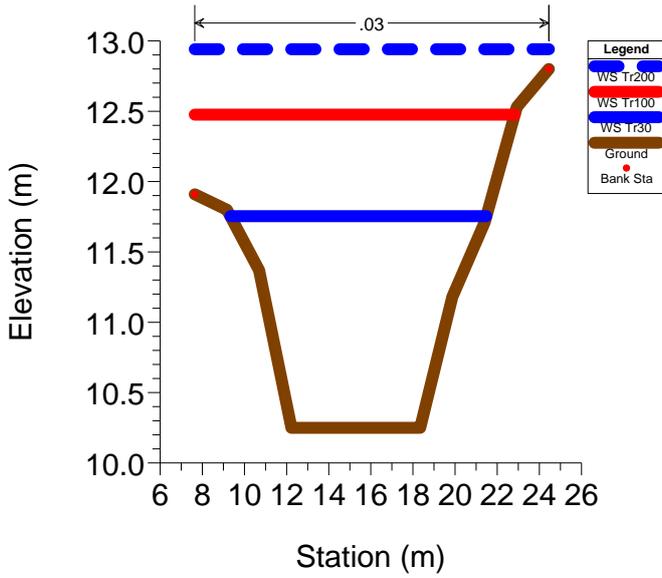
RS = 65.85 Culv nuovo attraversamento (rotonda) SP



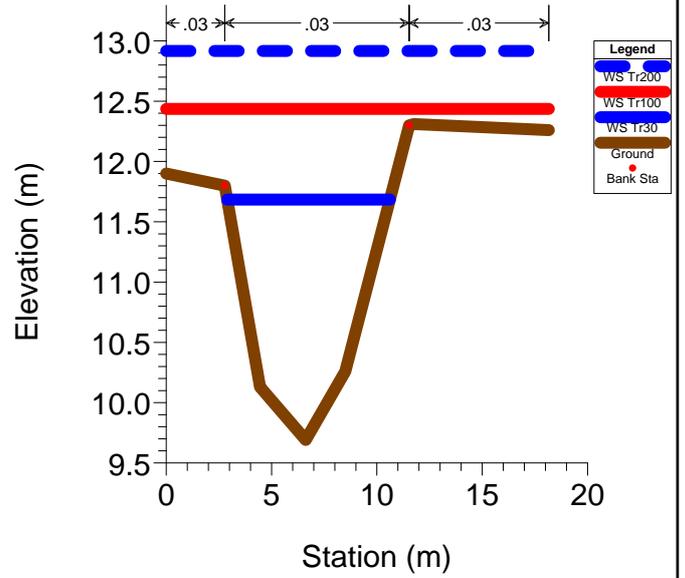
RS = 65.81



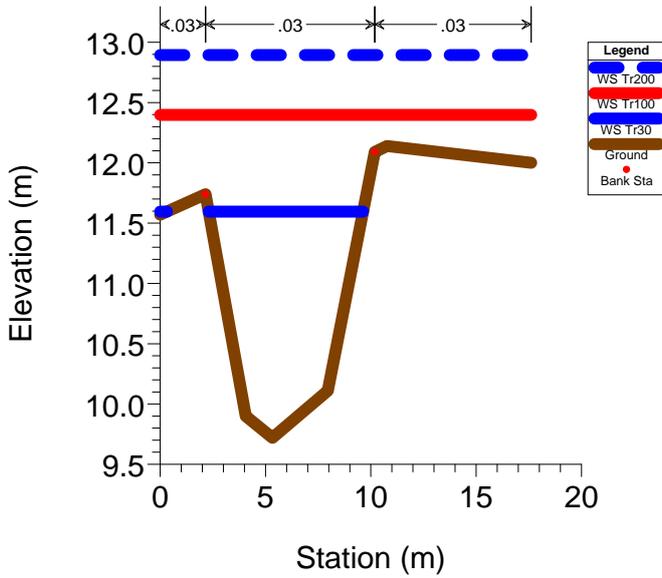
RS = 65.8



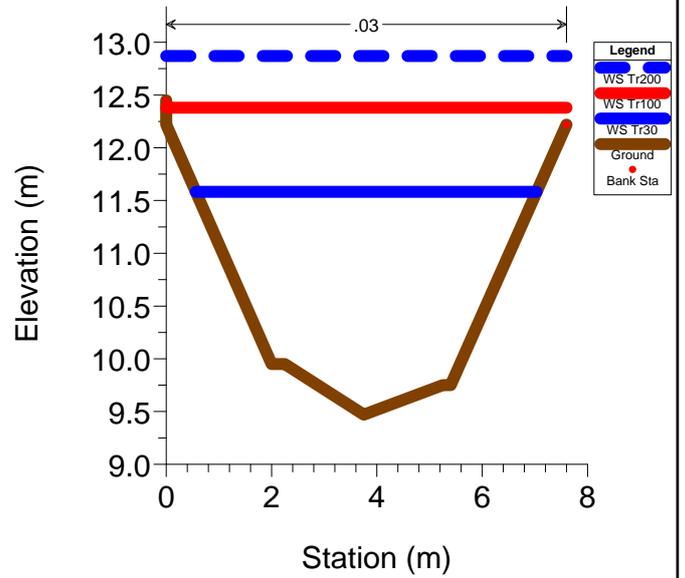
RS = 65



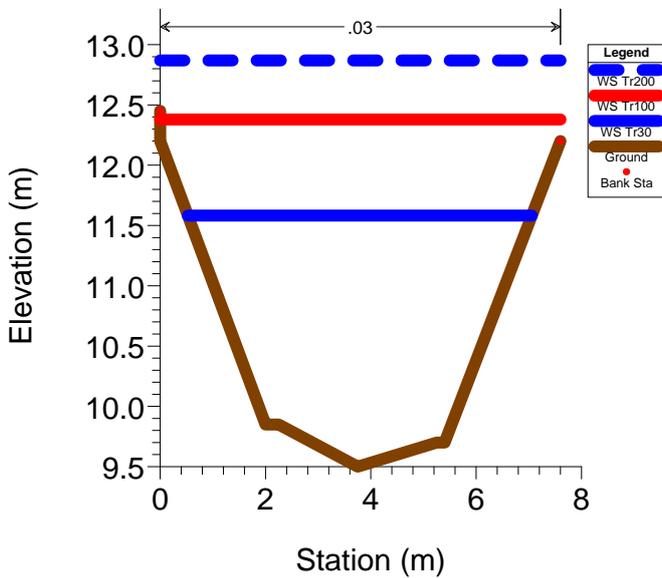
RS = 64



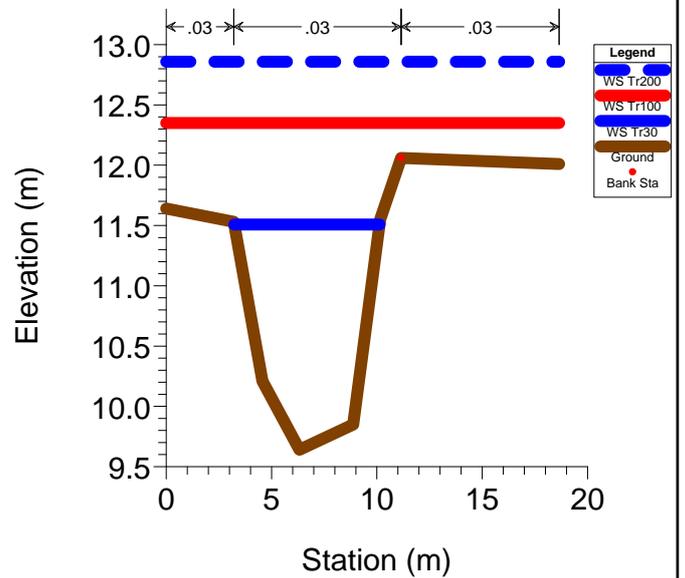
RS = 63



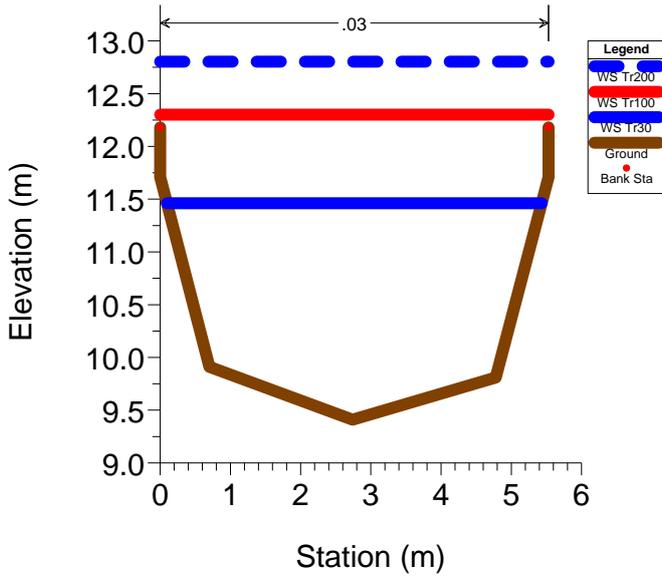
RS = 62



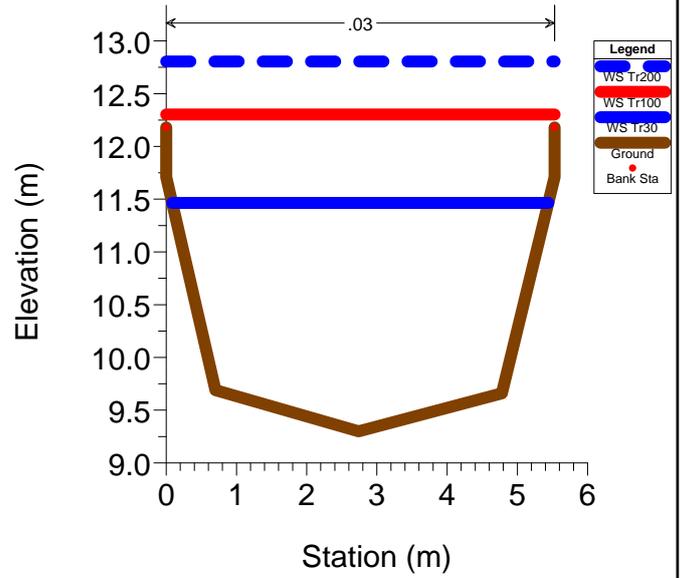
RS = 61



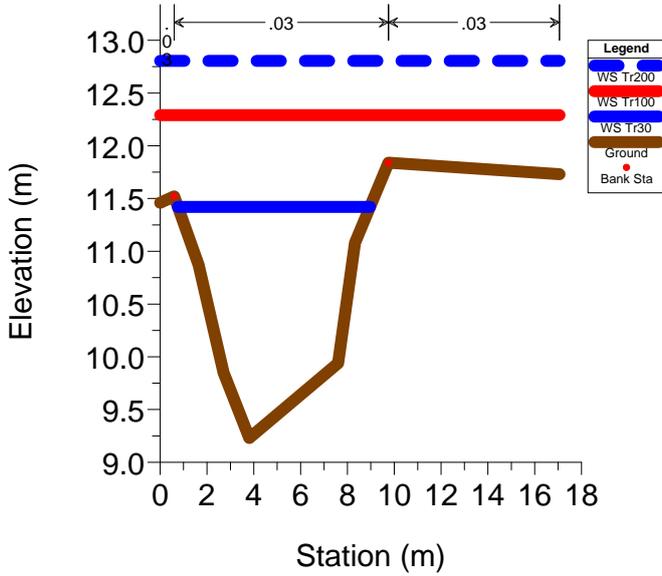
RS = 60



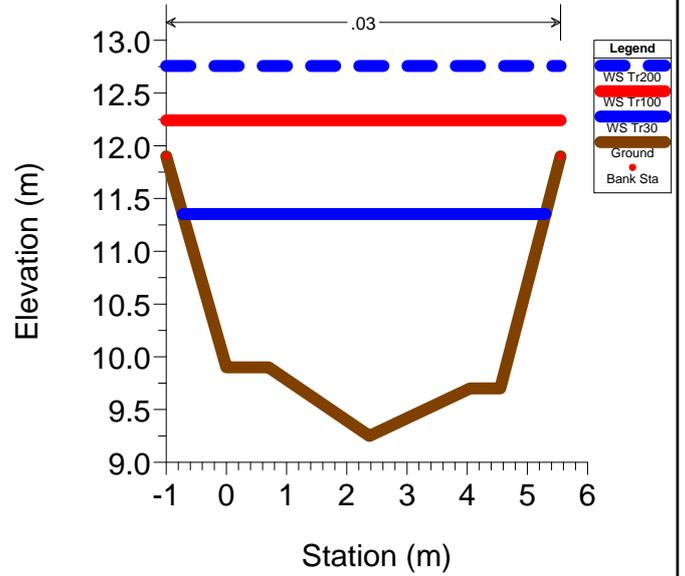
RS = 59



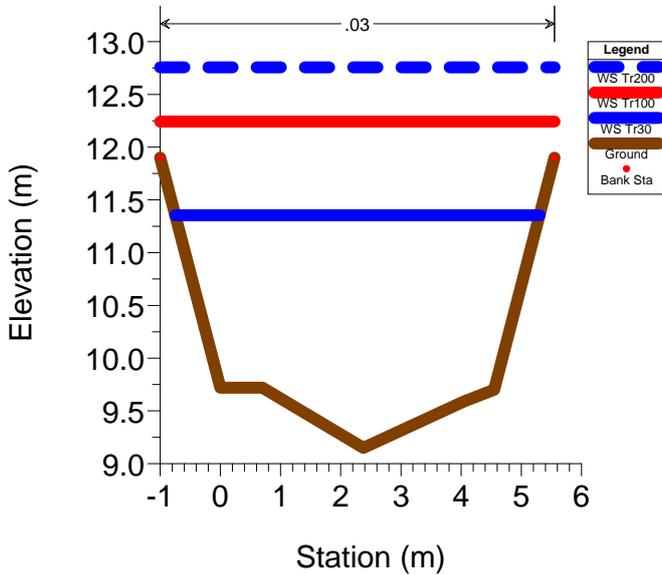
RS = 58



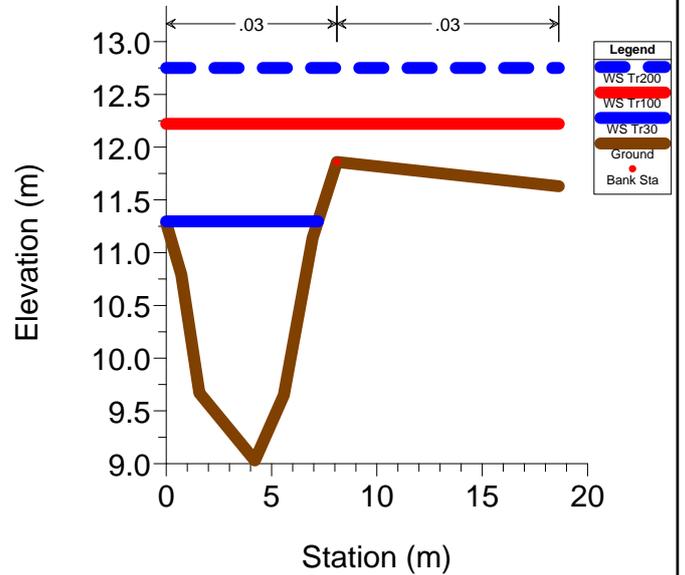
RS = 57



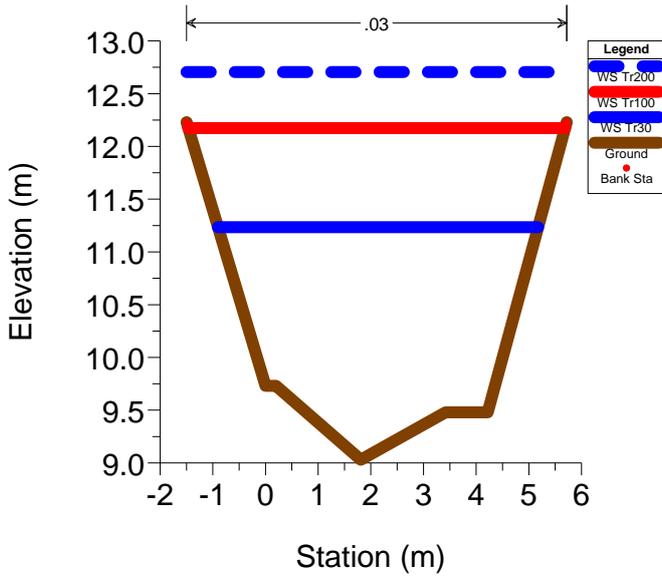
RS = 56



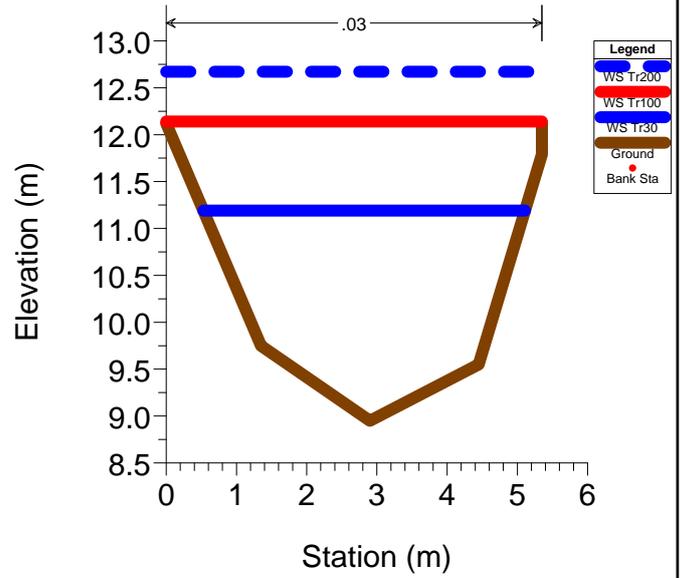
RS = 55



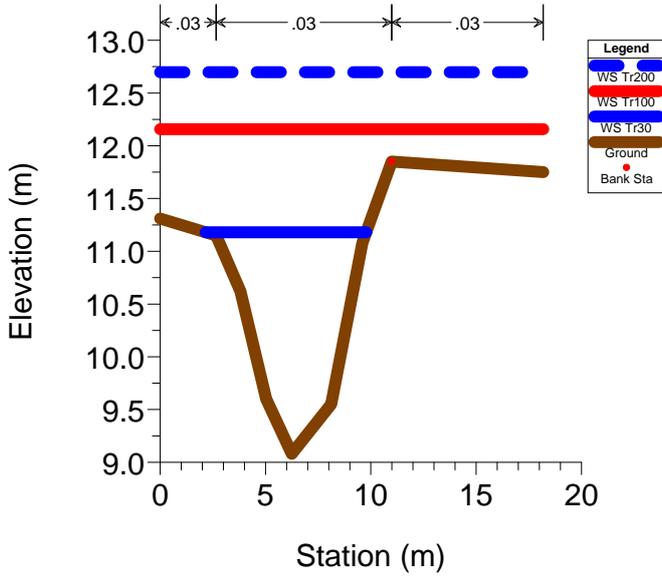
### RS = 54



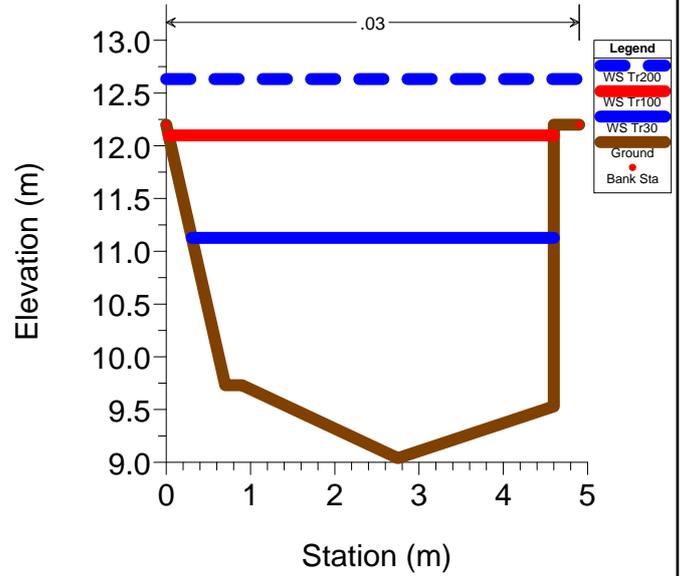
### RS = 53



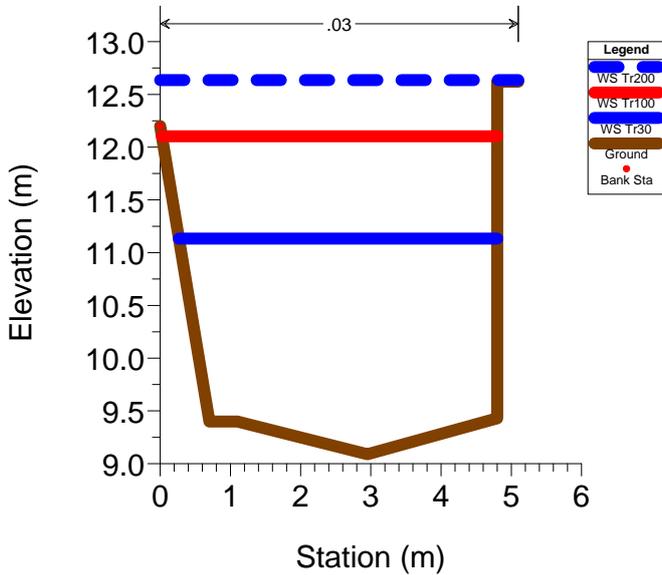
### RS = 52



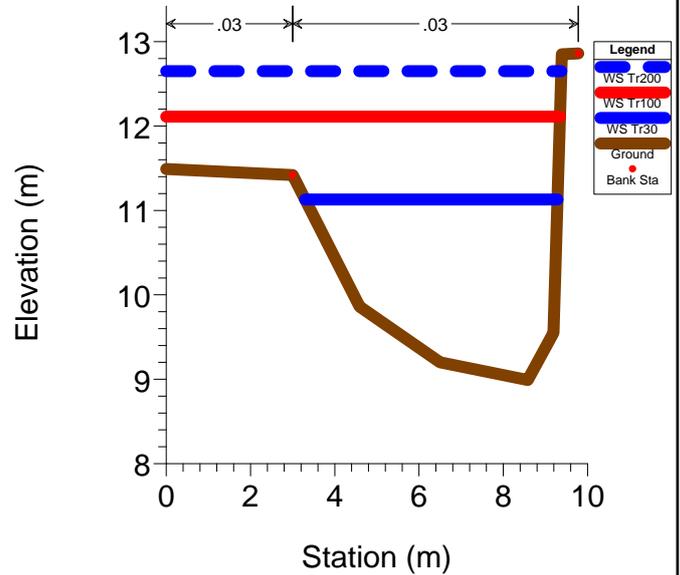
### RS = 51



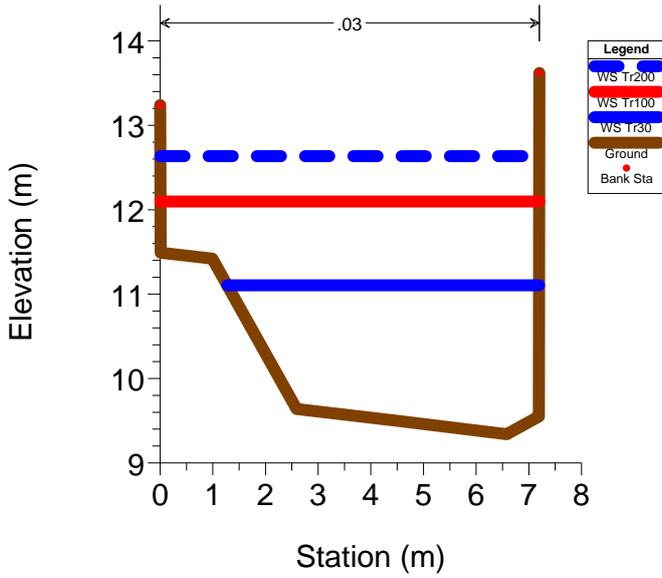
### RS = 50



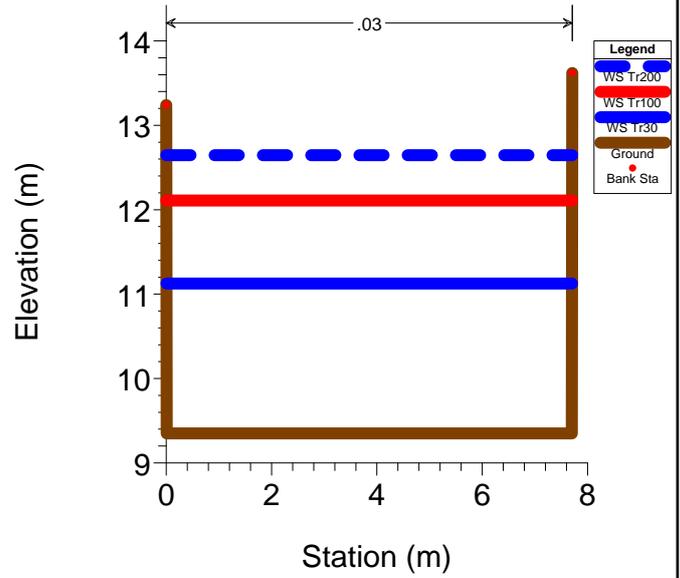
### RS = 49



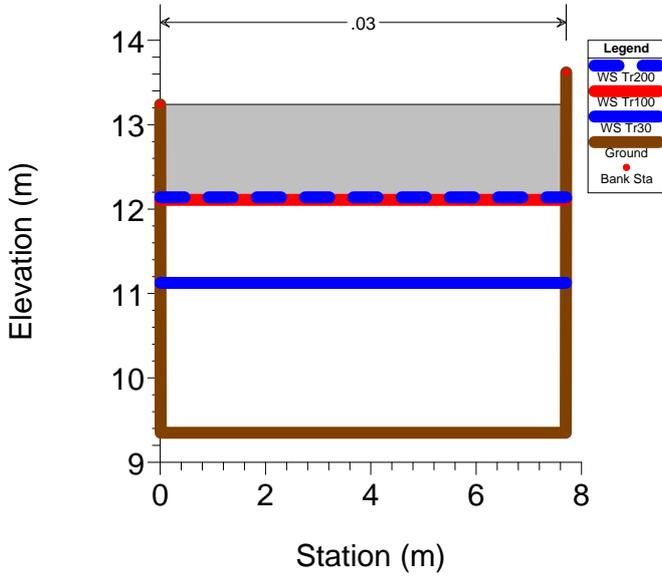
### RS = 48 RFI



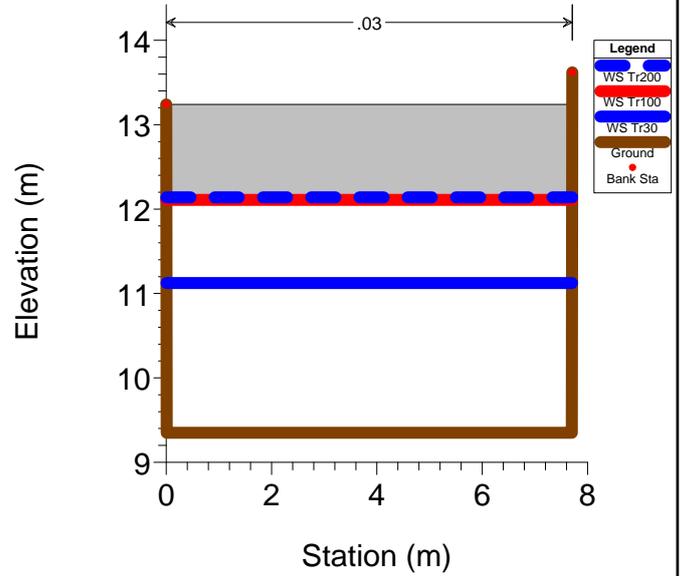
### RS = 47 ferrovia LU-FI



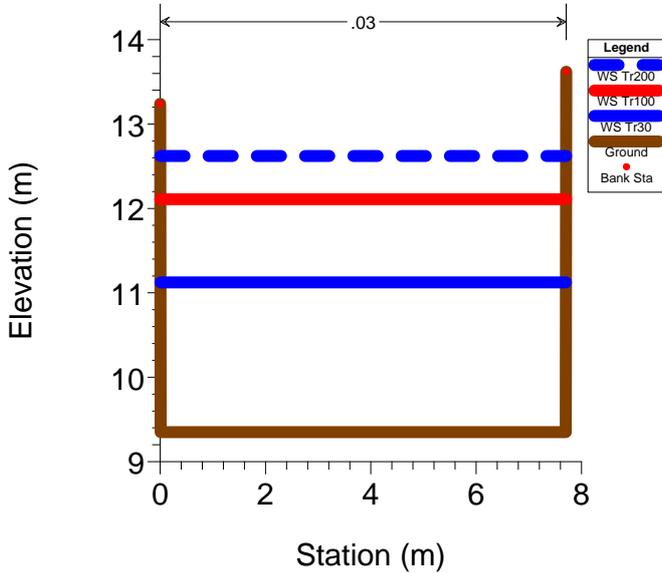
### RS = 46.5 BR RFI



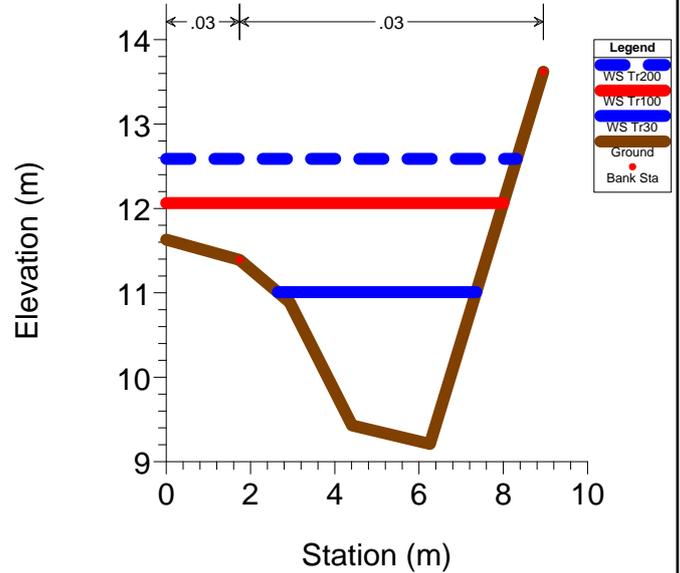
### RS = 46.5 BR RFI



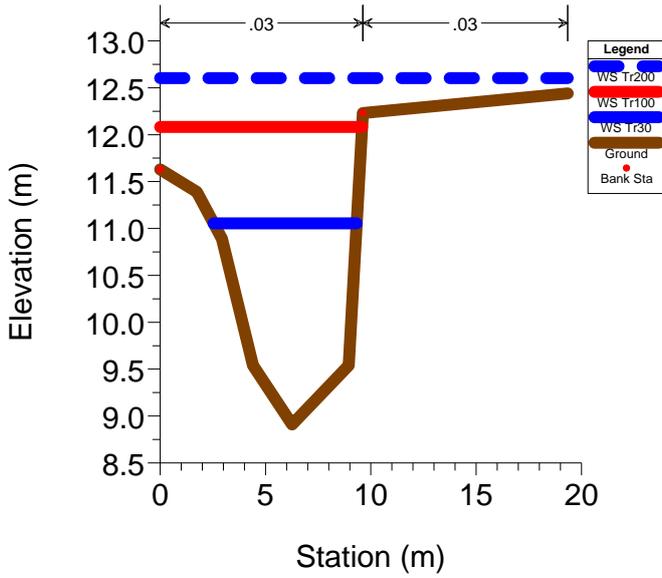
### RS = 46



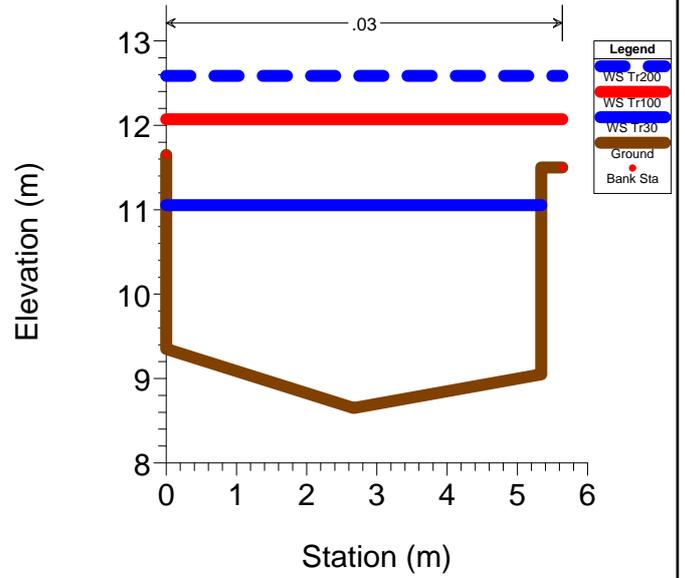
### RS = 45



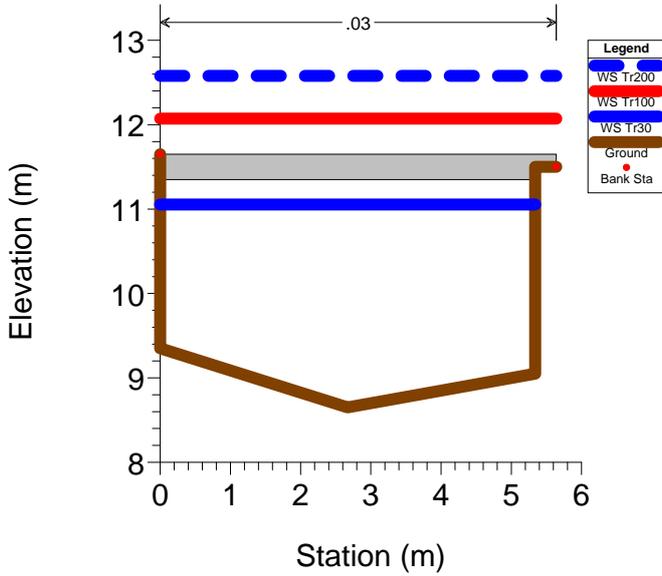
RS = 44



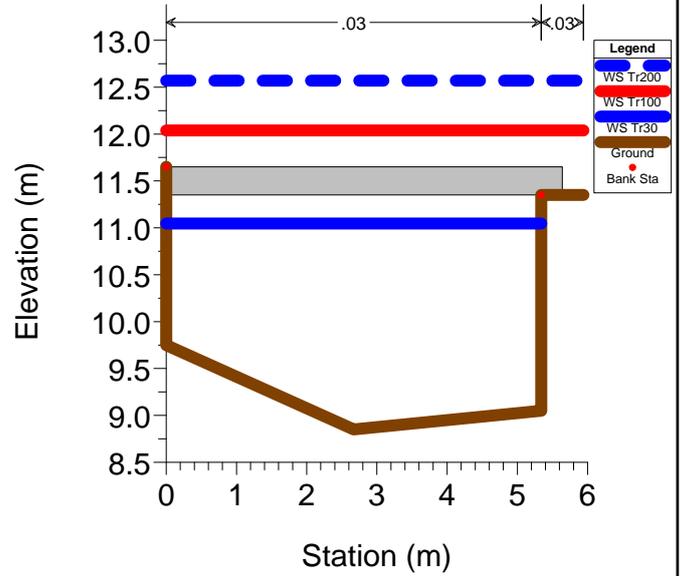
RS = 43



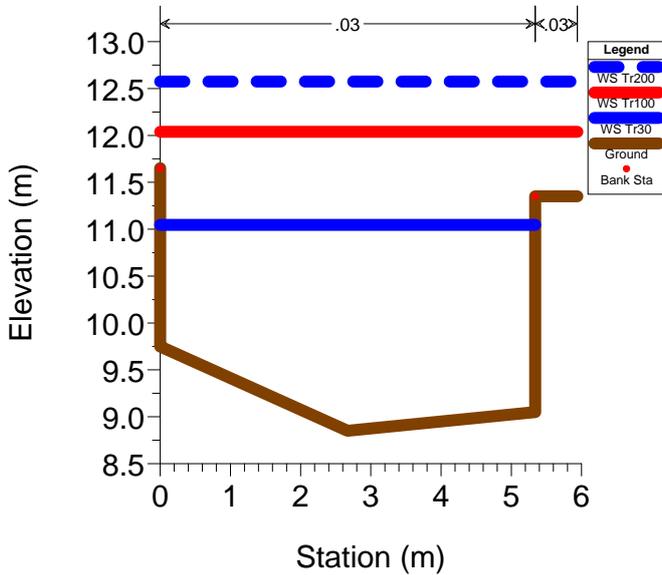
RS = 42.5 BR



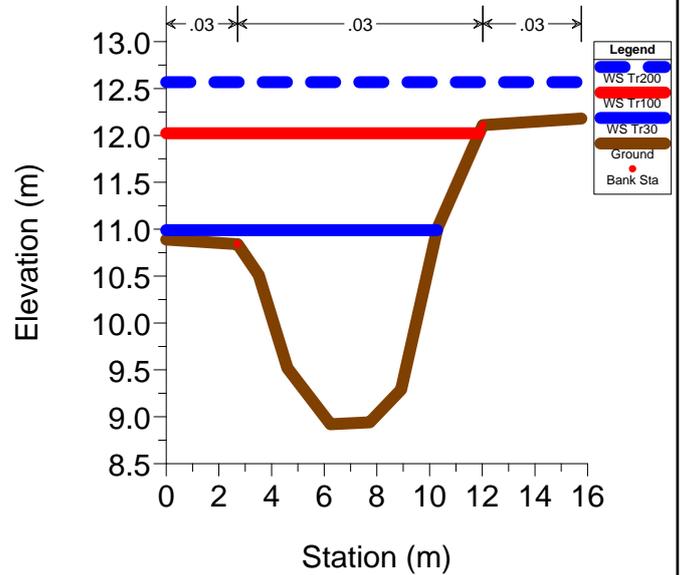
RS = 42.5 BR



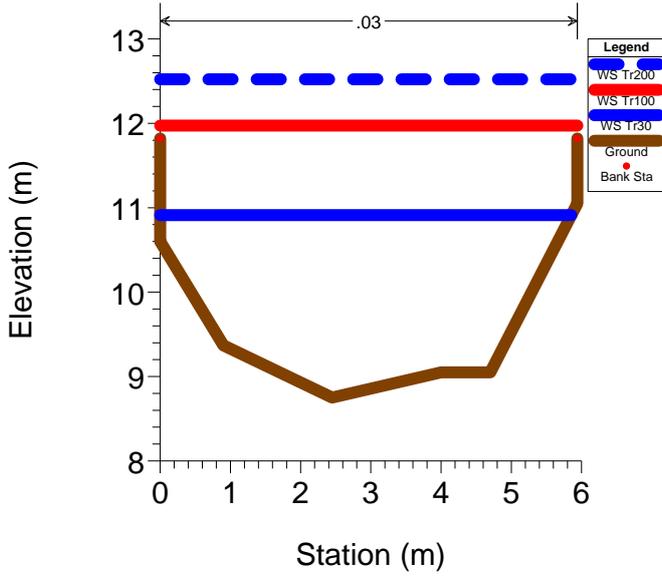
RS = 42



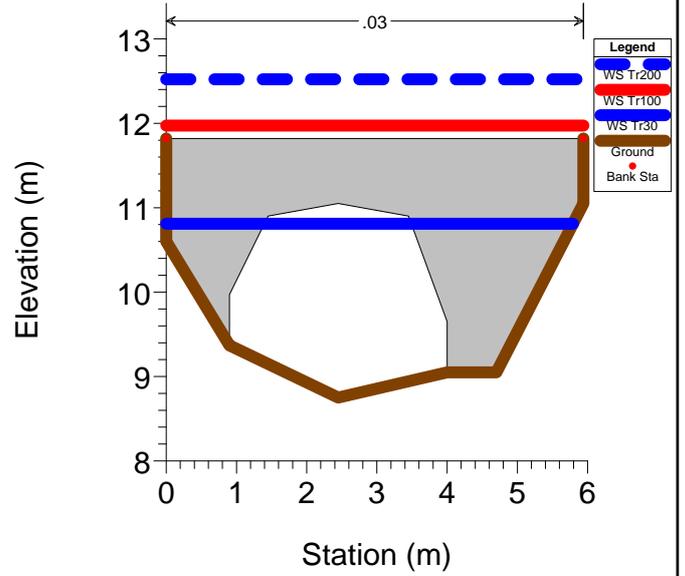
RS = 41



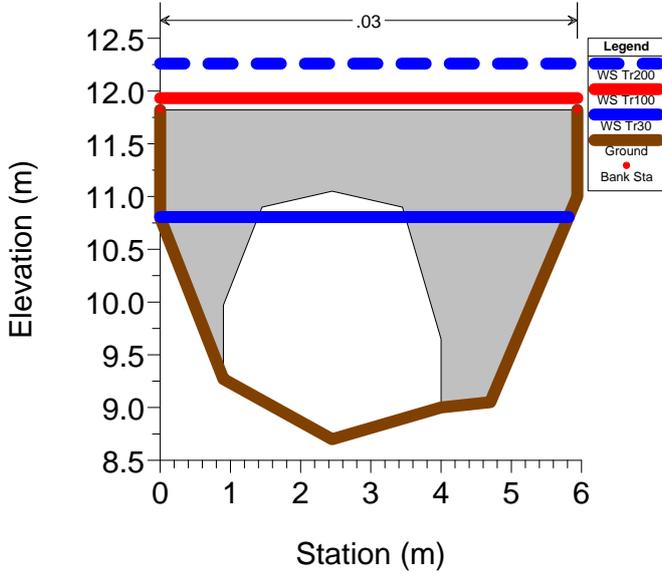
RS = 40



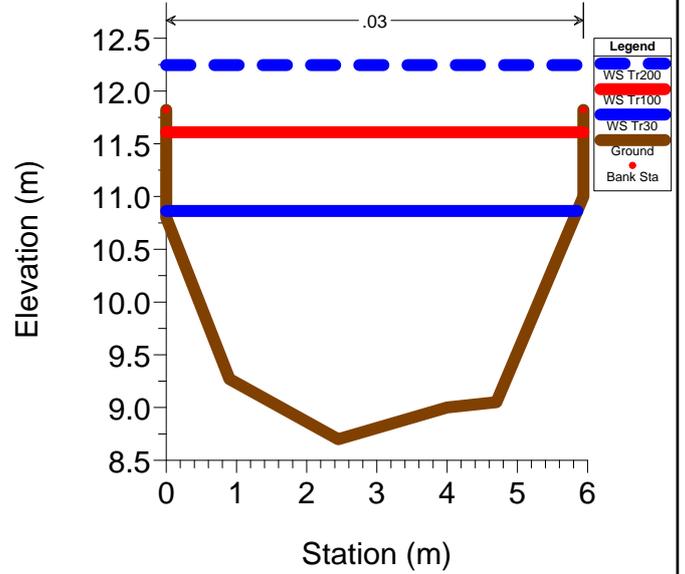
RS = 39.5 BR



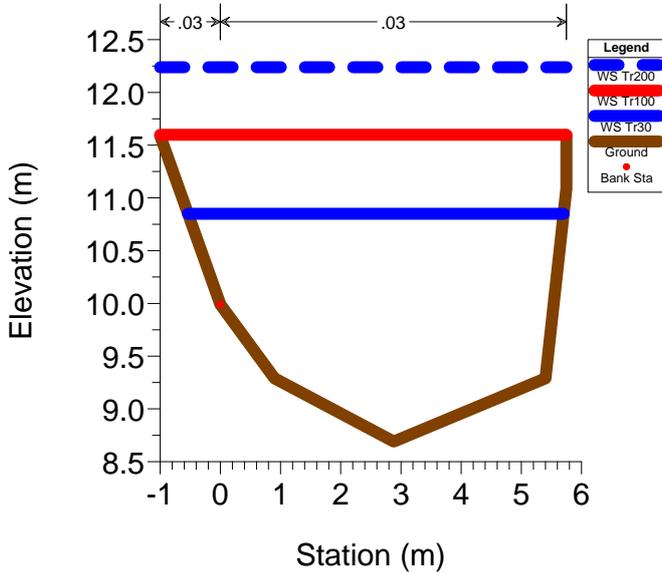
RS = 39.5 BR



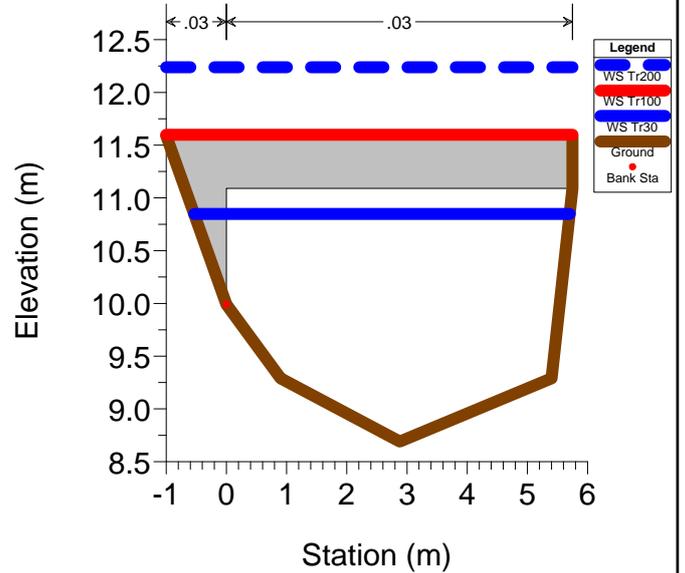
RS = 39



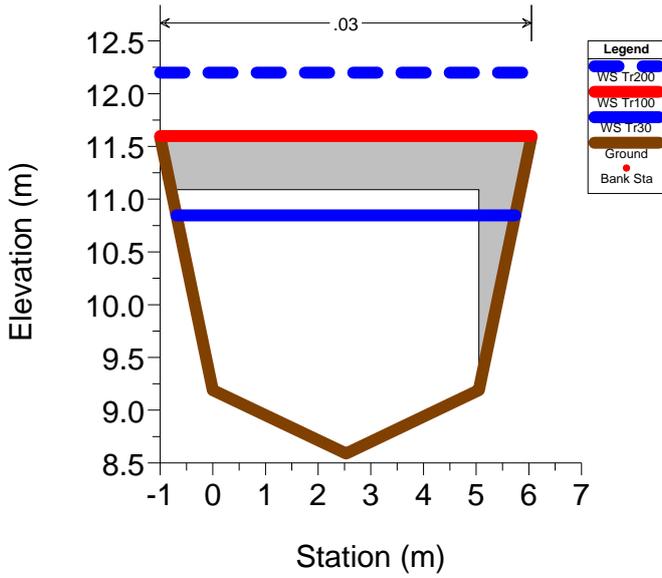
RS = 38



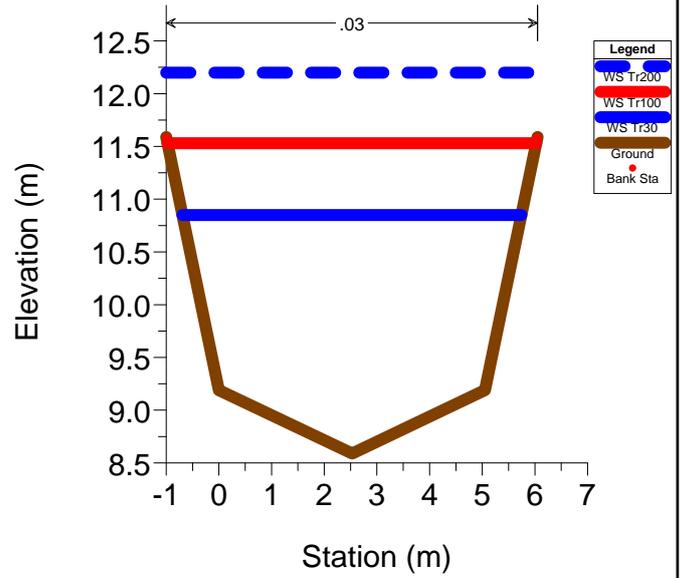
RS = 37.5 BR



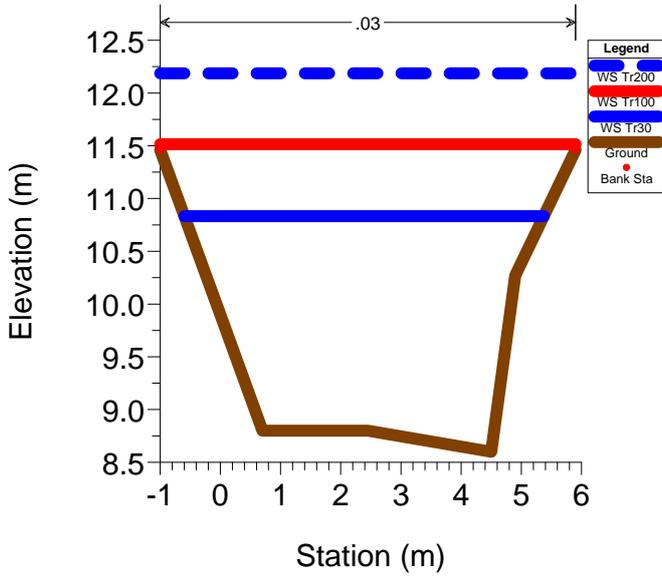
### RS = 37.5 BR



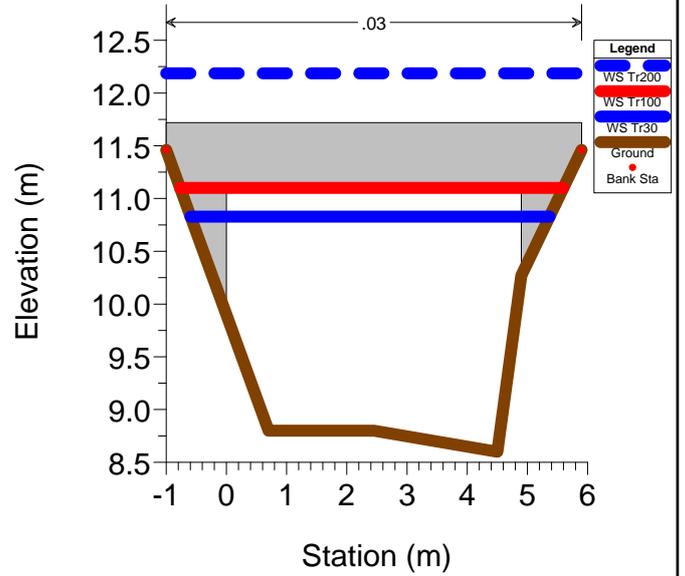
### RS = 37



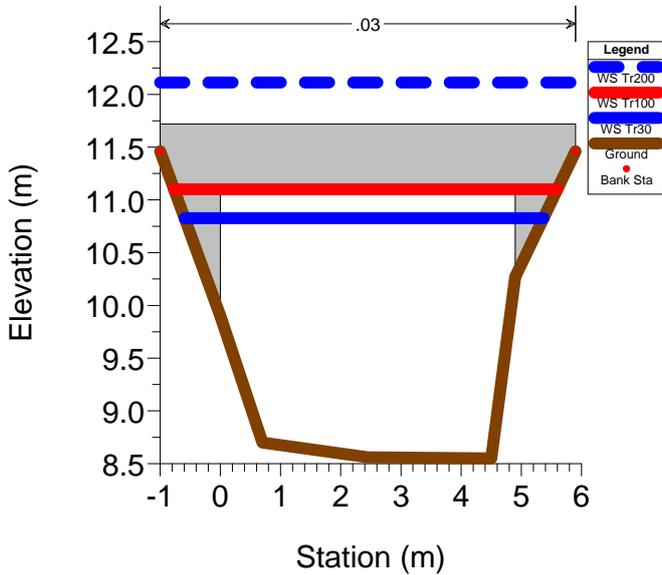
### RS = 36



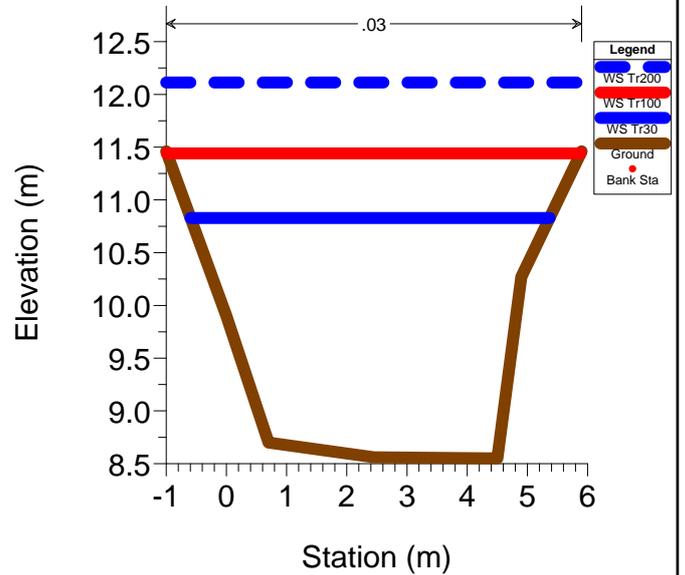
### RS = 35.5 BR



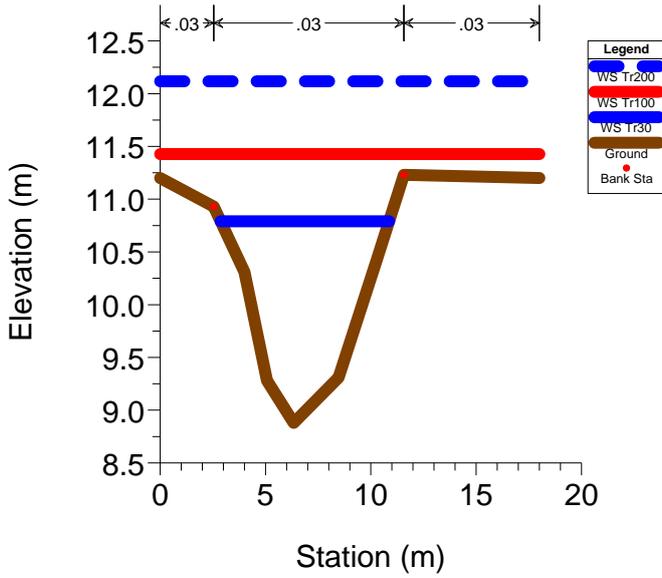
### RS = 35.5 BR



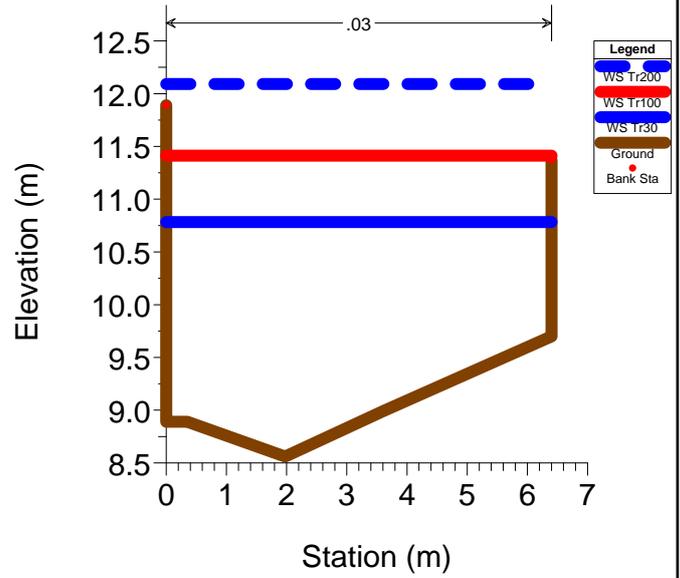
### RS = 35



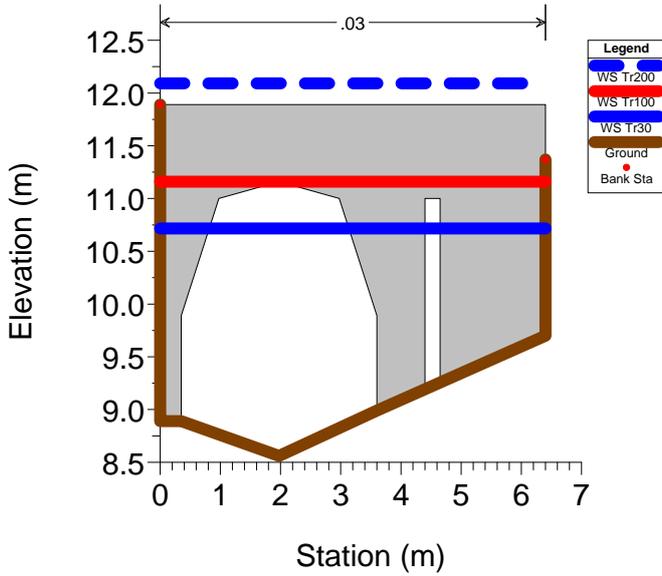
### RS = 34



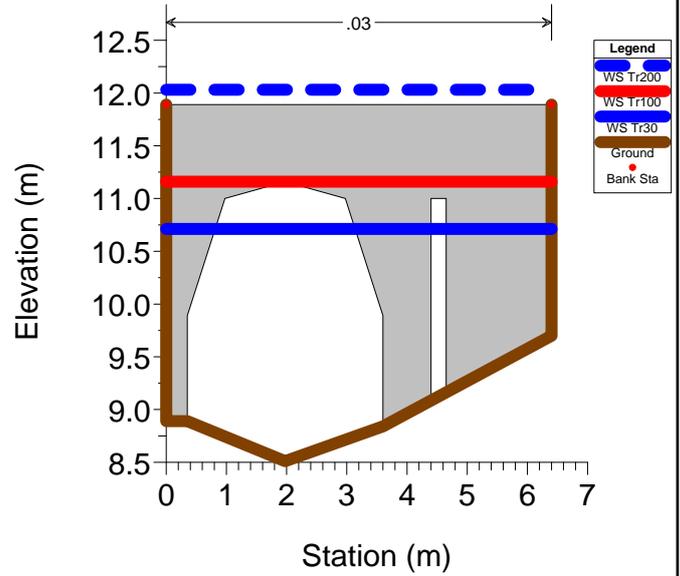
### RS = 33



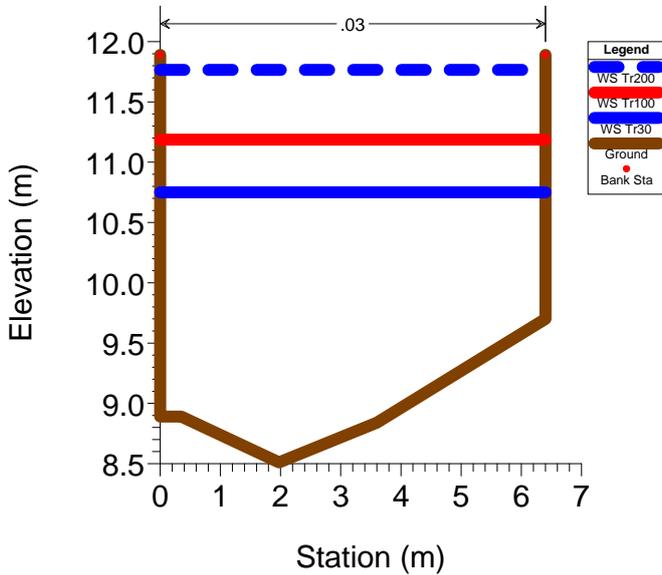
### RS = 32.5 BR



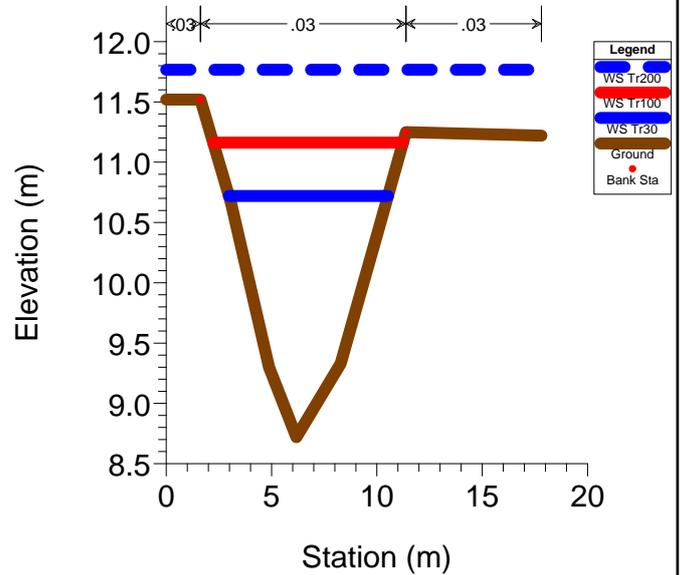
### RS = 32.5 BR



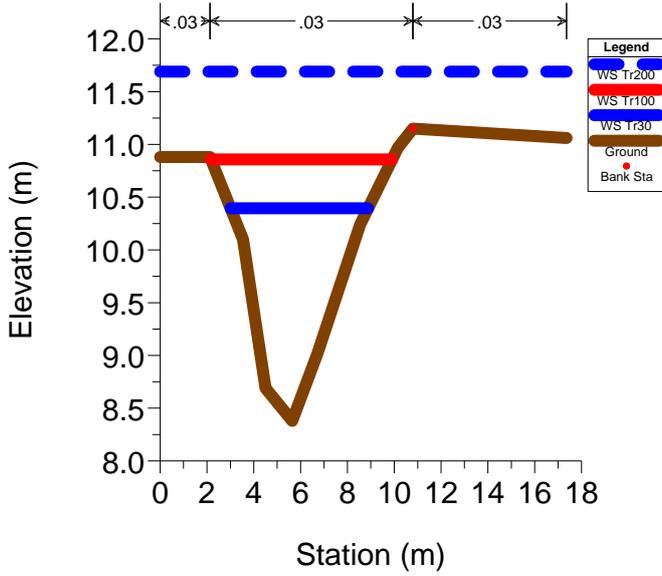
### RS = 32



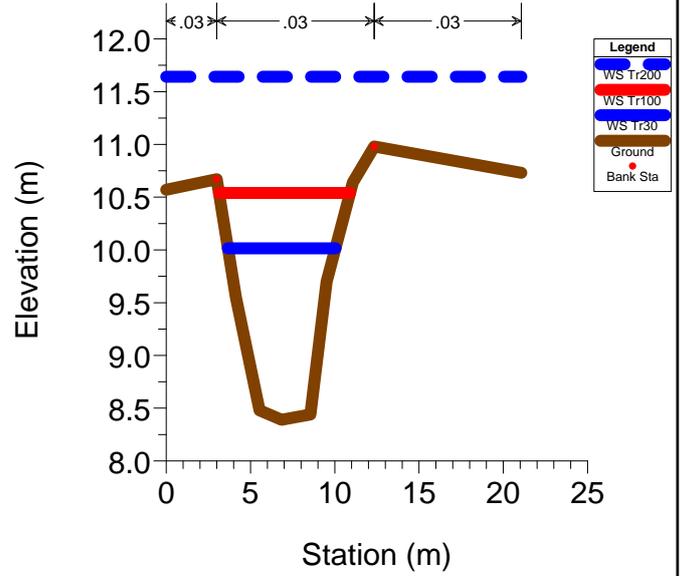
### RS = 31



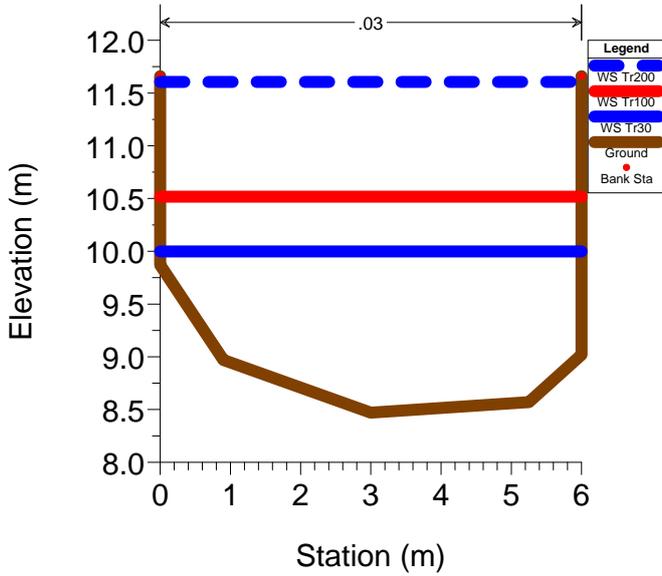
### RS = 30



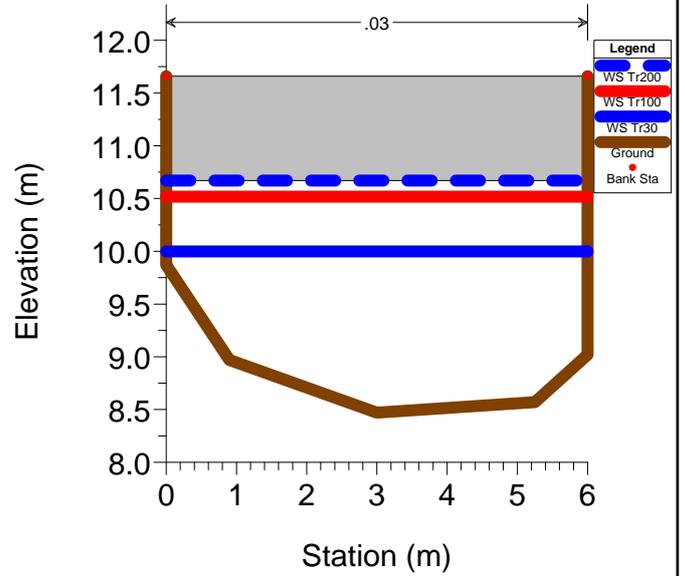
### RS = 29



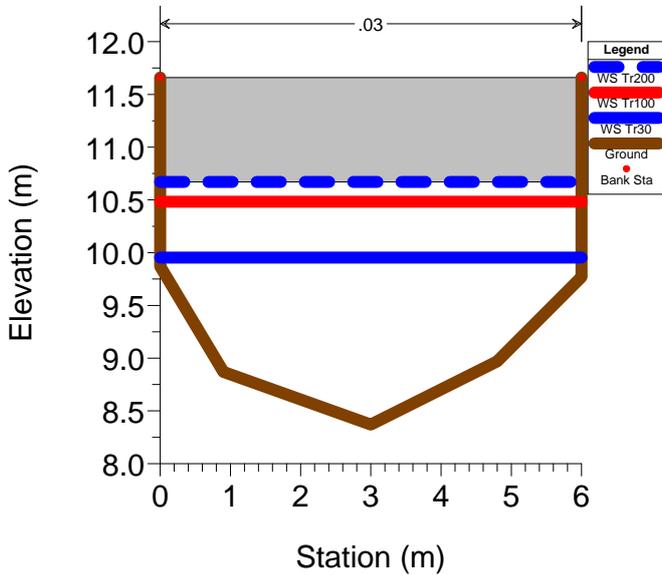
### RS = 28



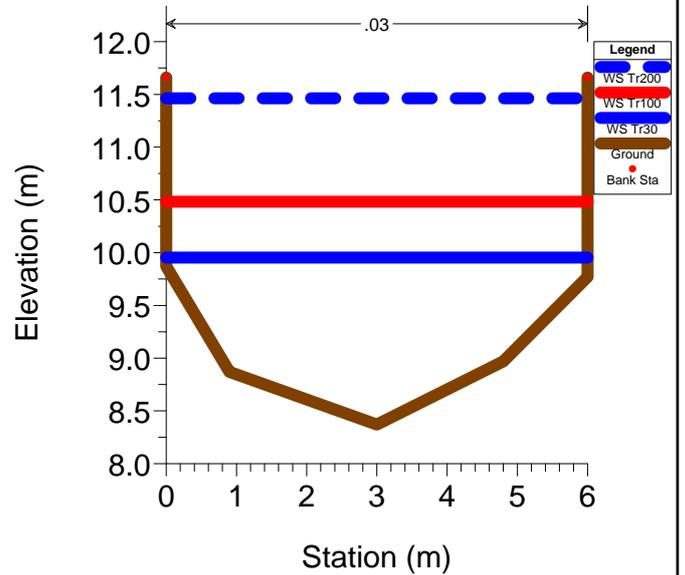
### RS = 27.5 BR



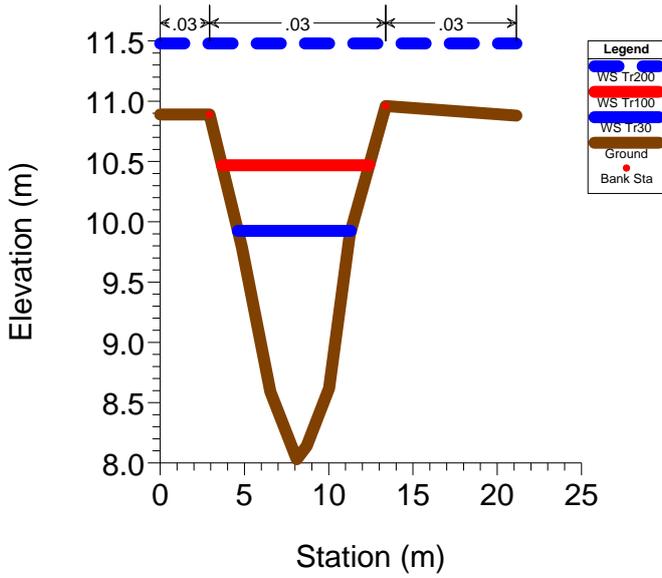
### RS = 27.5 BR



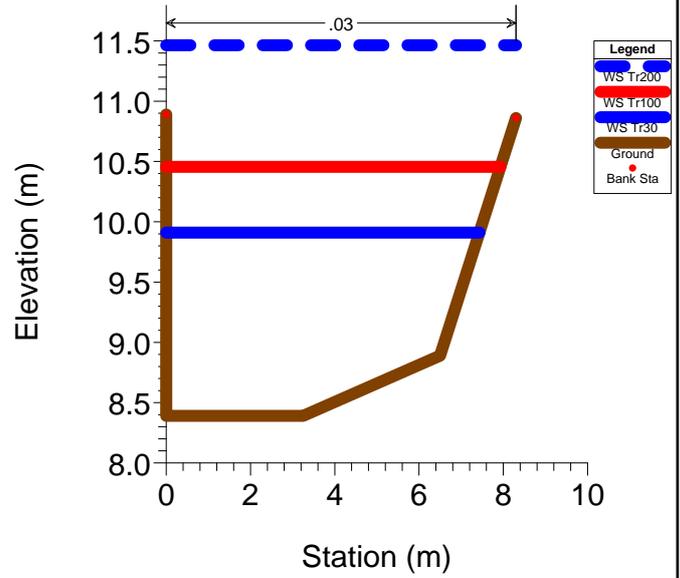
### RS = 27



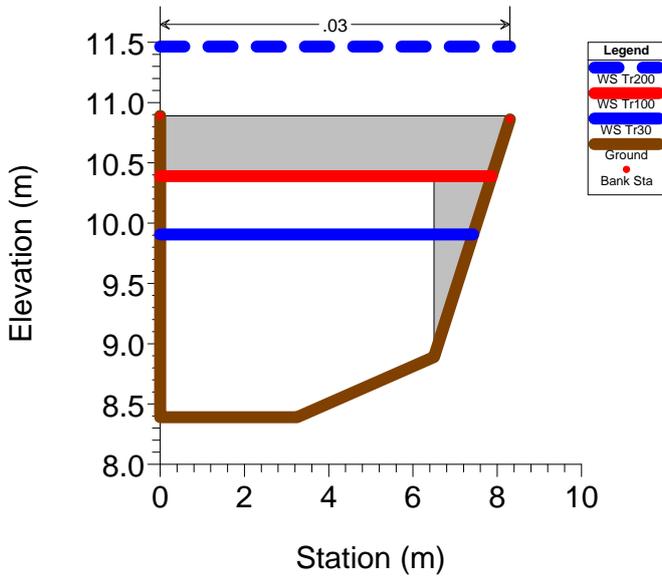
RS = 26



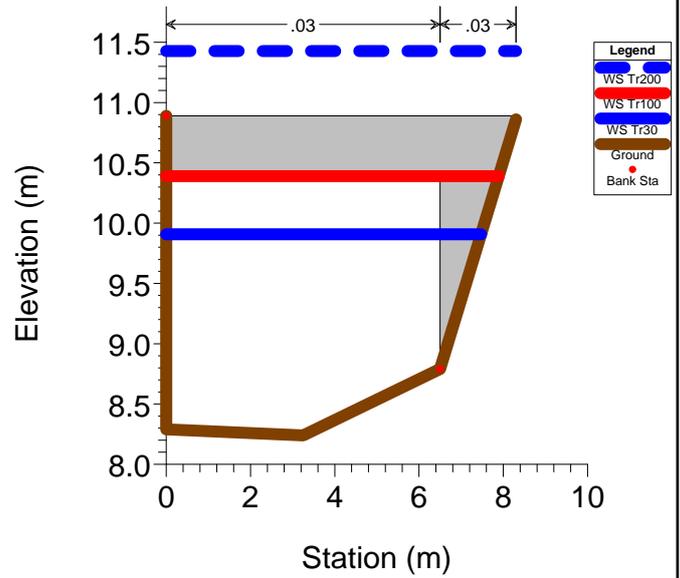
RS = 25



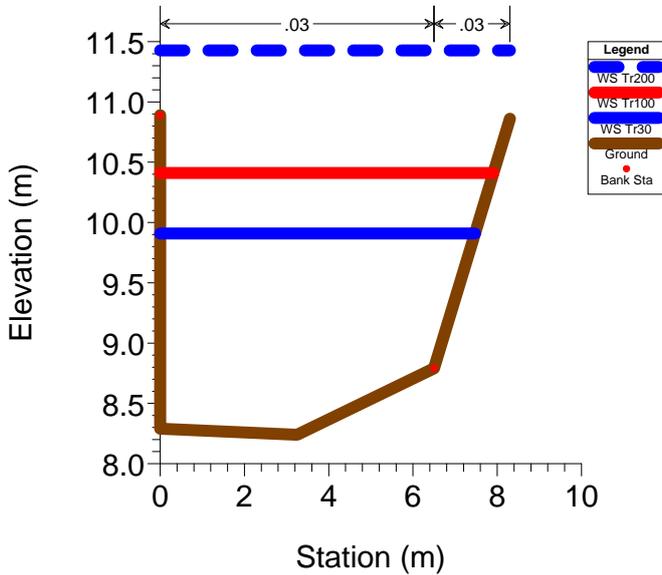
RS = 24.5 BR



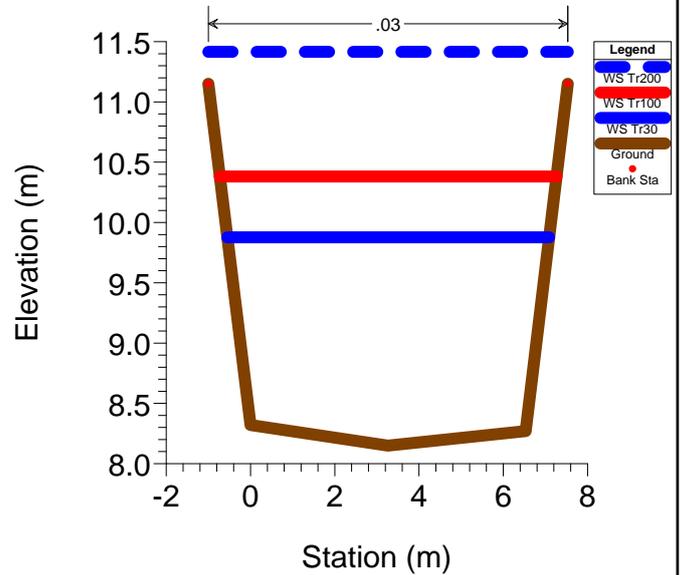
RS = 24.5 BR



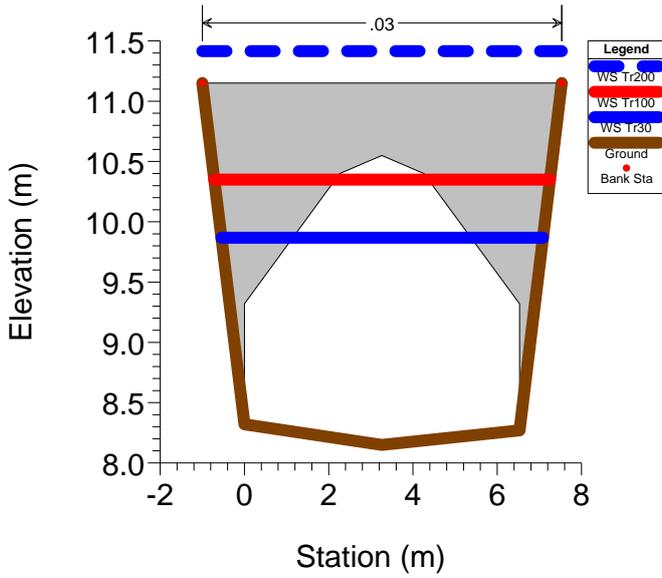
RS = 24



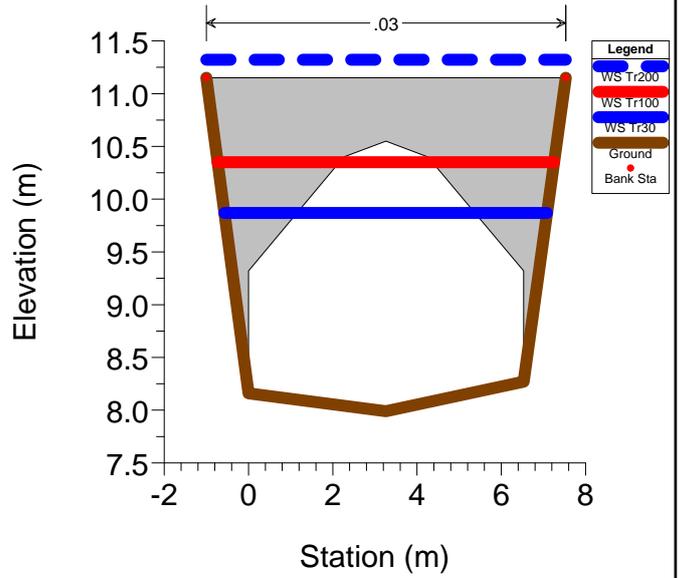
RS = 23



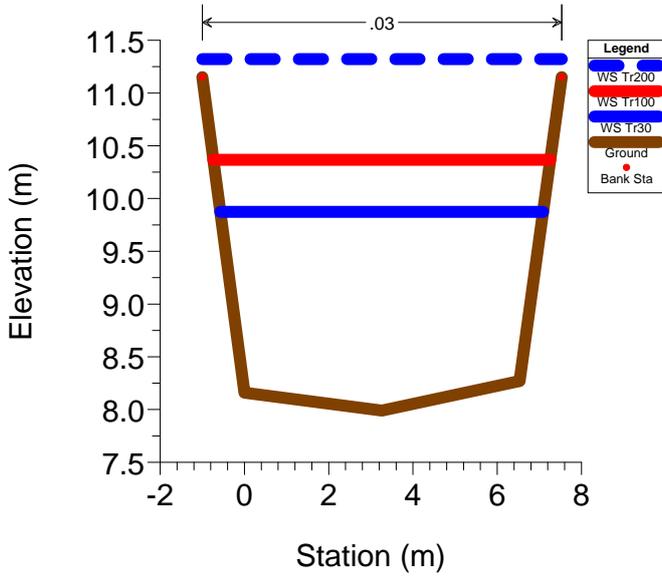
### RS = 22.5 BR



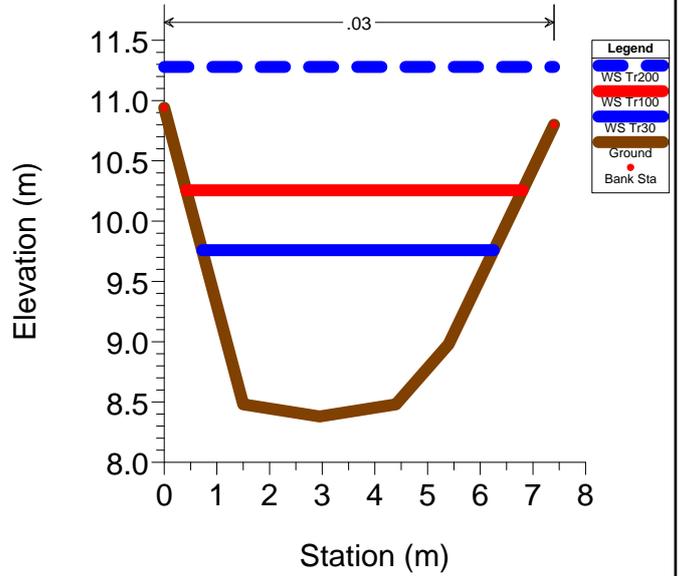
### RS = 22.5 BR



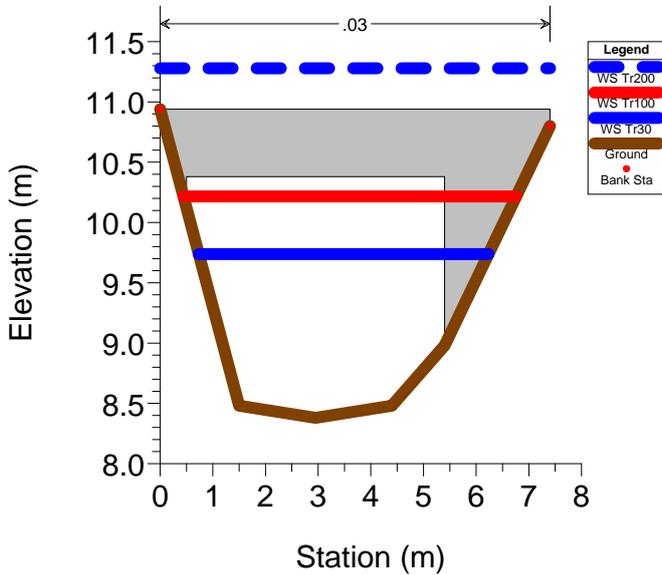
### RS = 22



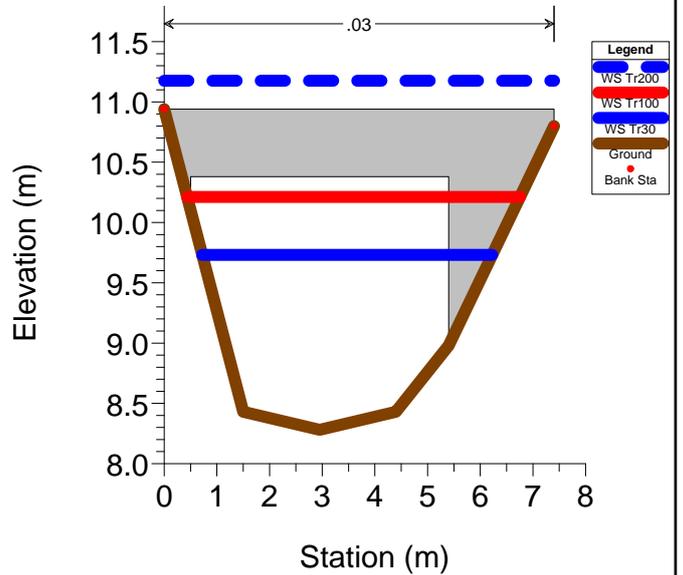
### RS = 21



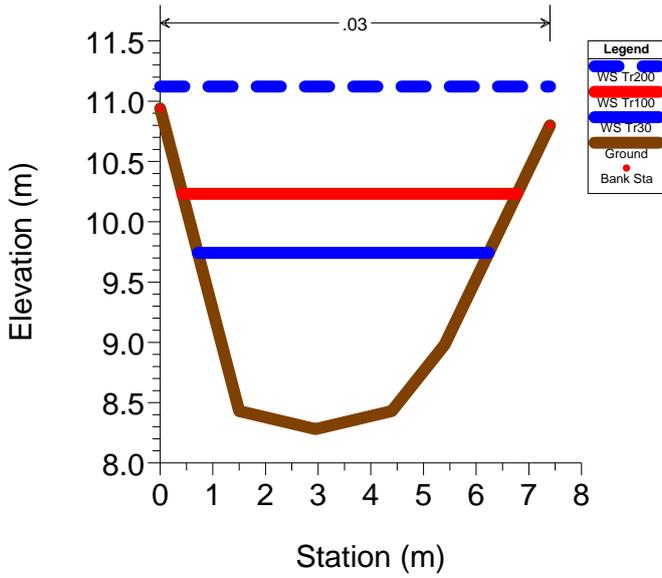
### RS = 20.5 BR



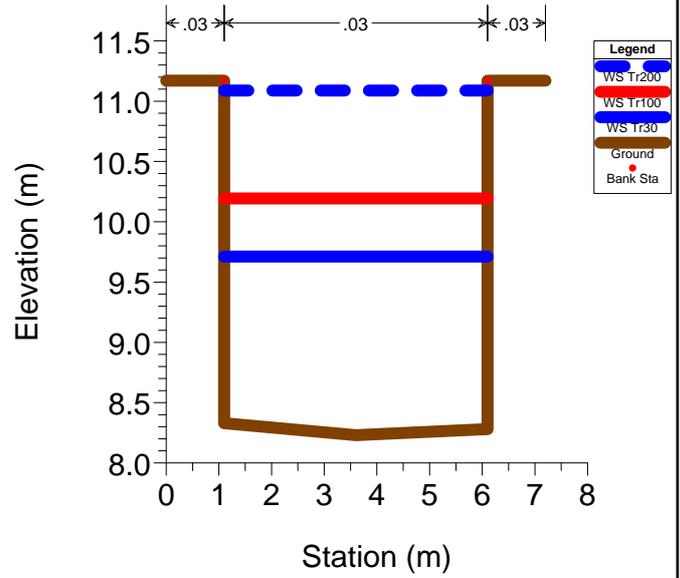
### RS = 20.5 BR



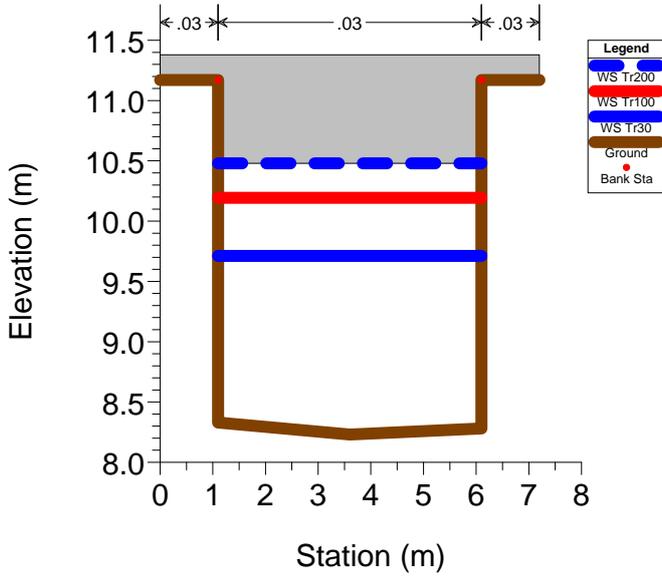
### RS = 20



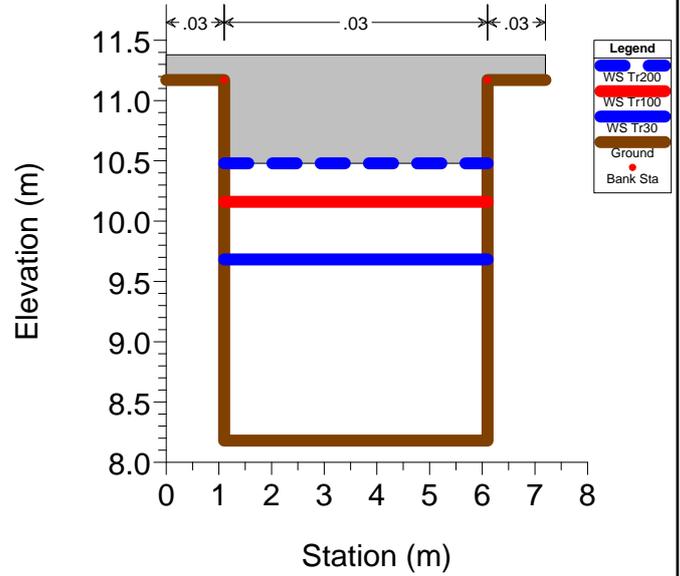
### RS = 19 Autostrada A11



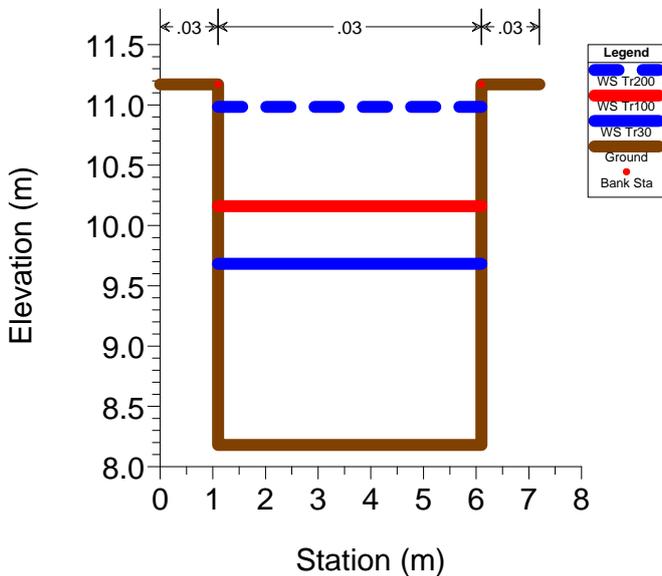
### RS = 18.5 BR



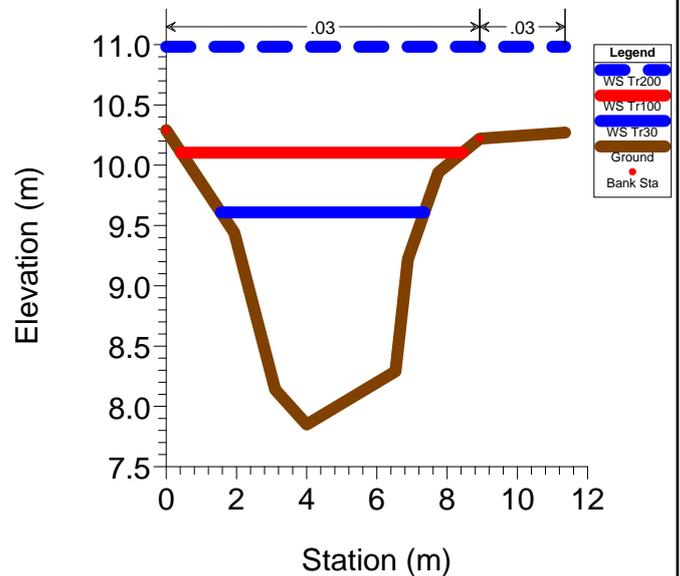
### RS = 18.5 BR



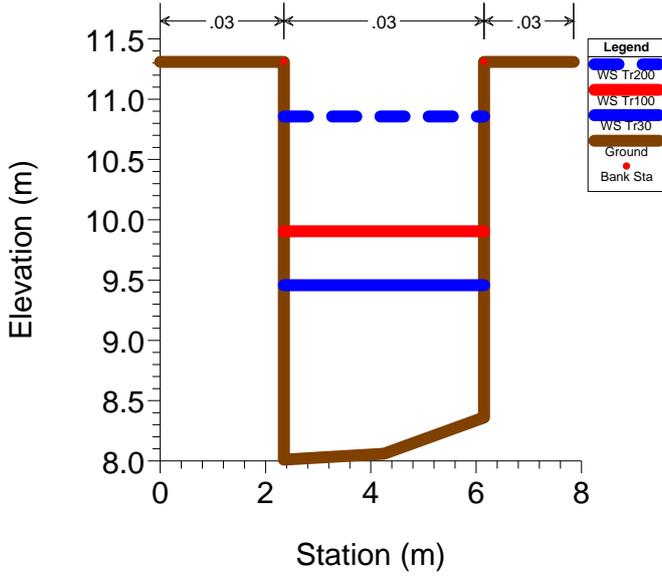
### RS = 18 Autostrada A11



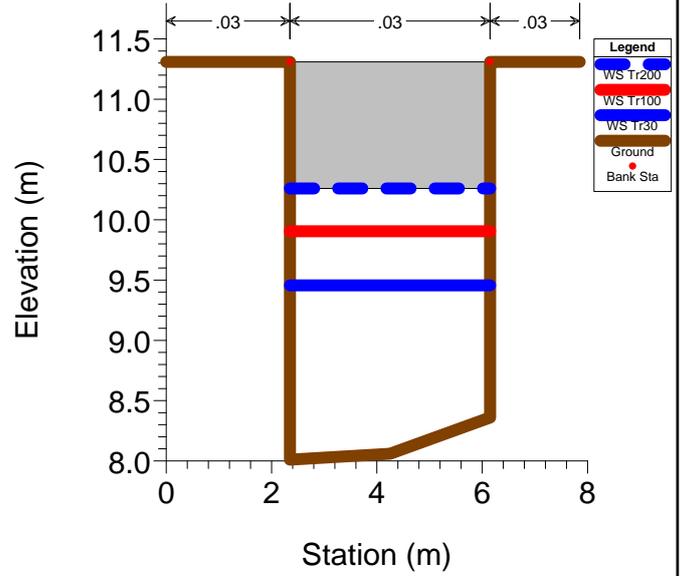
### RS = 17



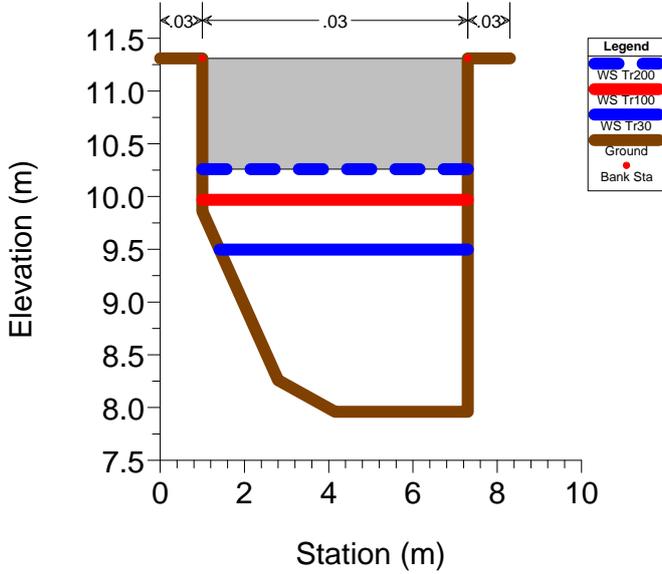
### RS = 16 Via di Lucia



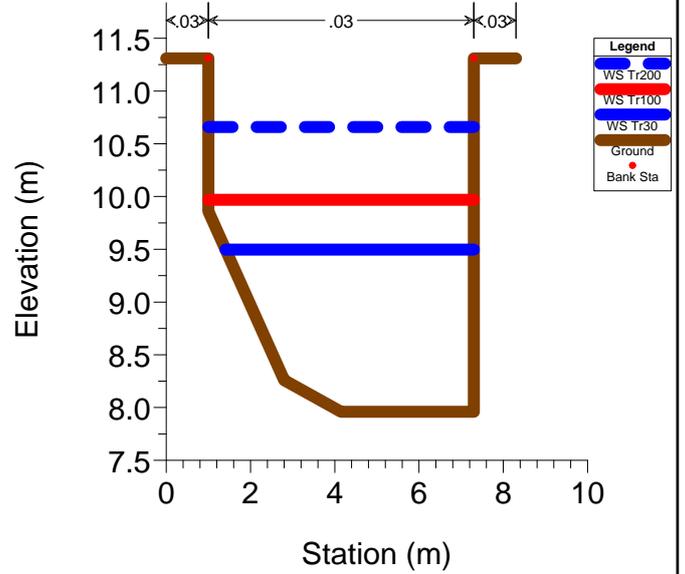
### RS = 15.5 BR



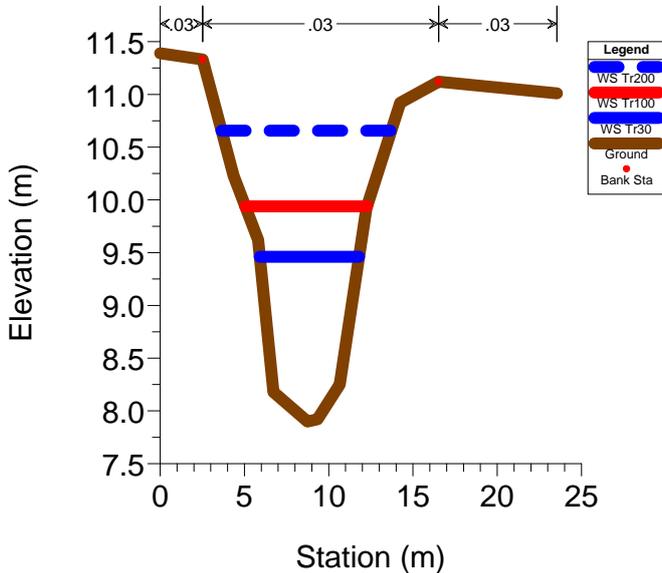
### RS = 15.5 BR



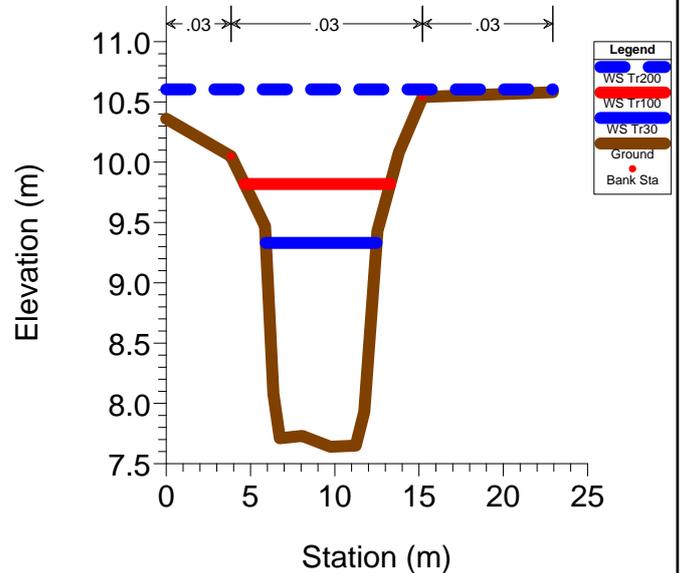
### RS = 15 Via di Lucia



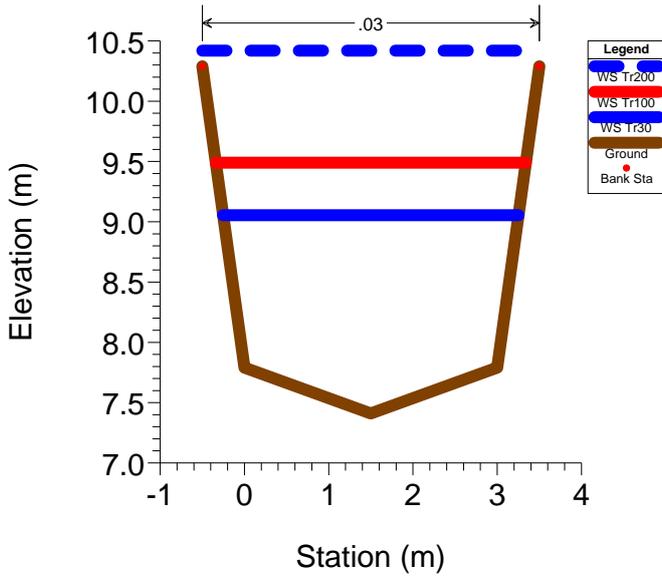
### RS = 14



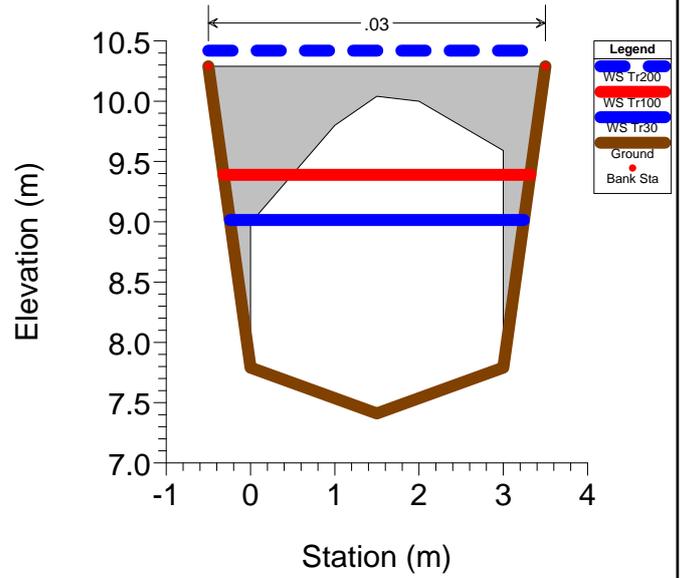
### RS = 13



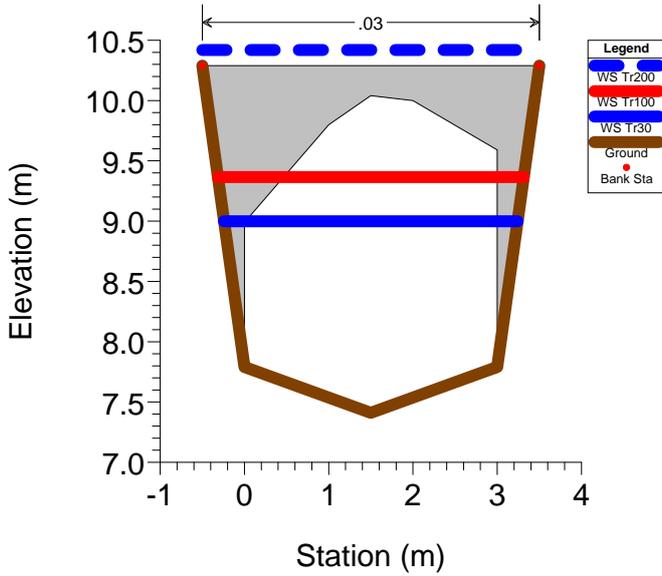
RS = 12



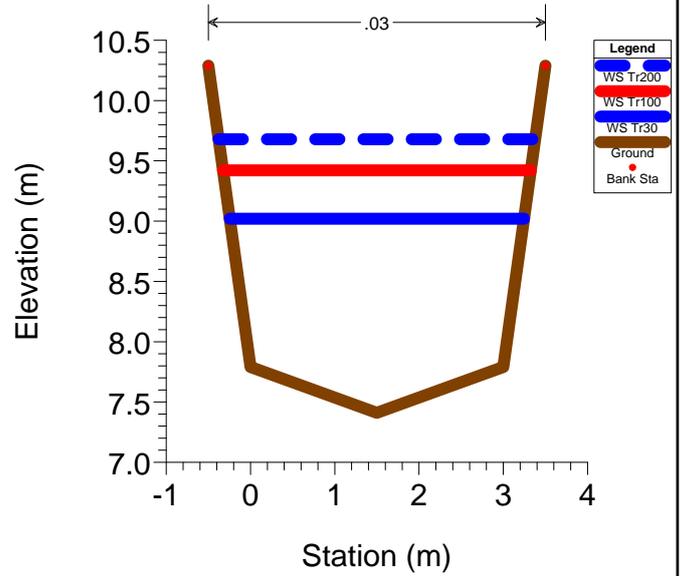
RS = 11.5 BR



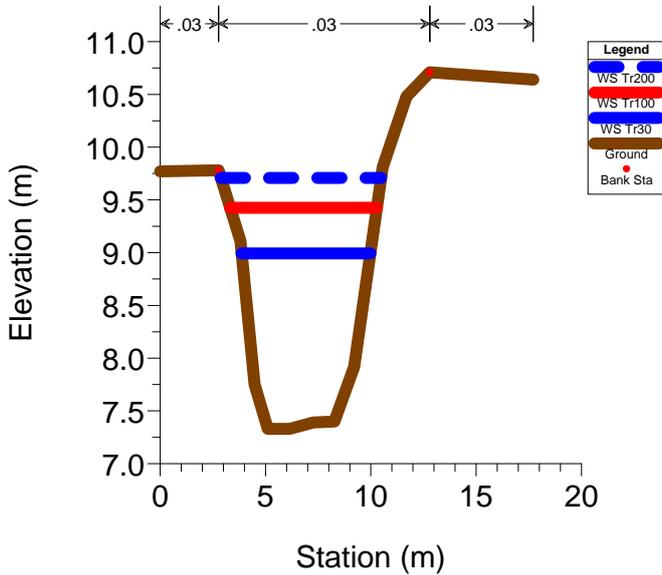
RS = 11.5 BR



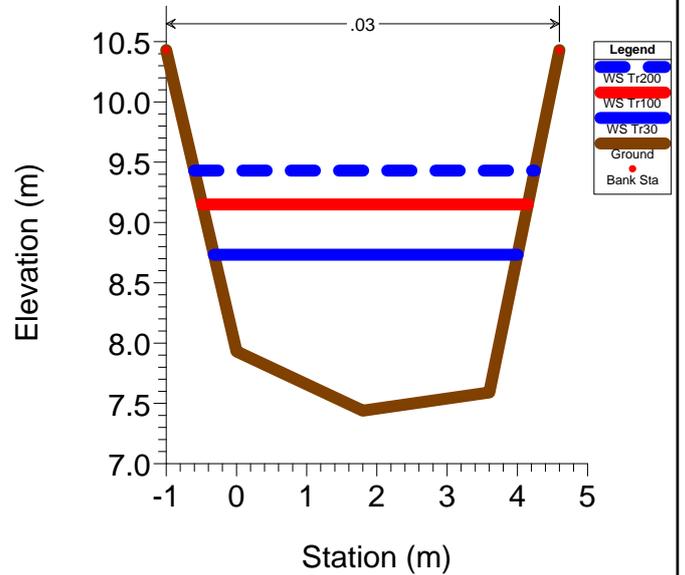
RS = 11



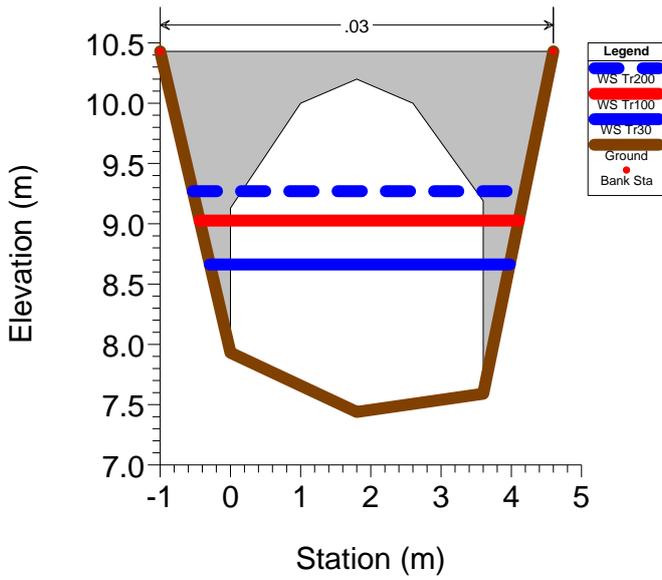
RS = 10



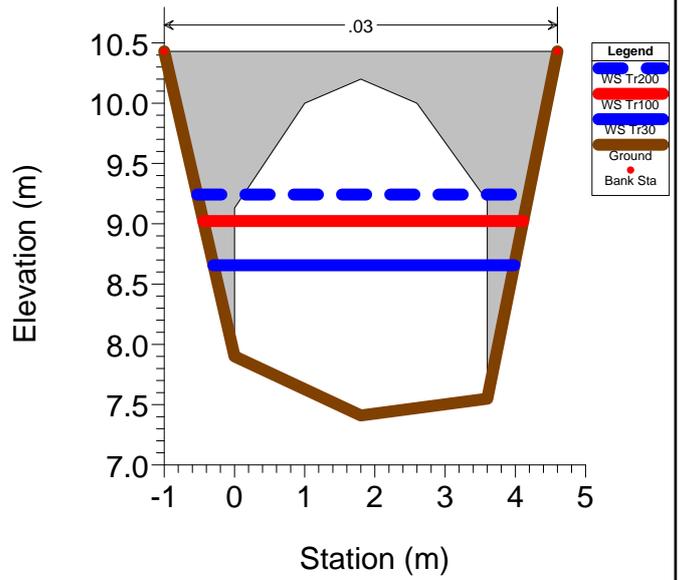
RS = 9



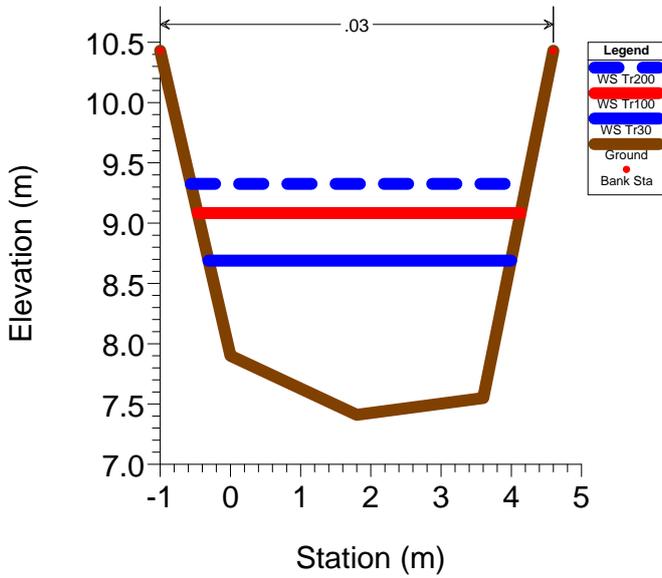
### RS = 8.5 BR



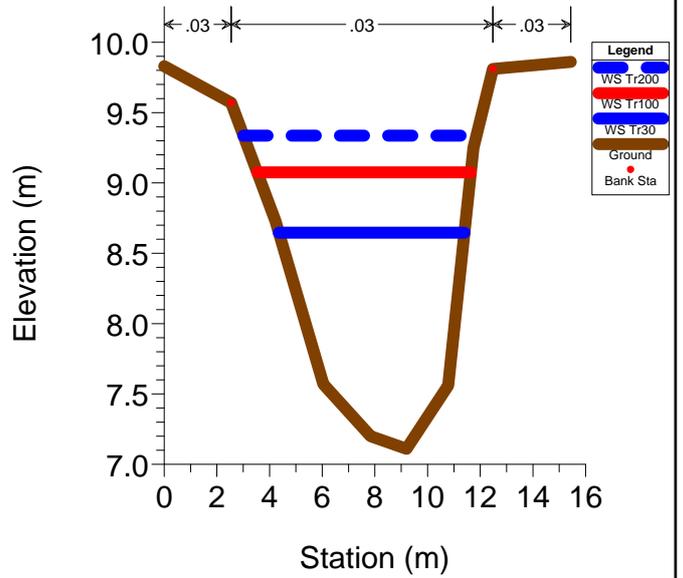
### RS = 8.5 BR



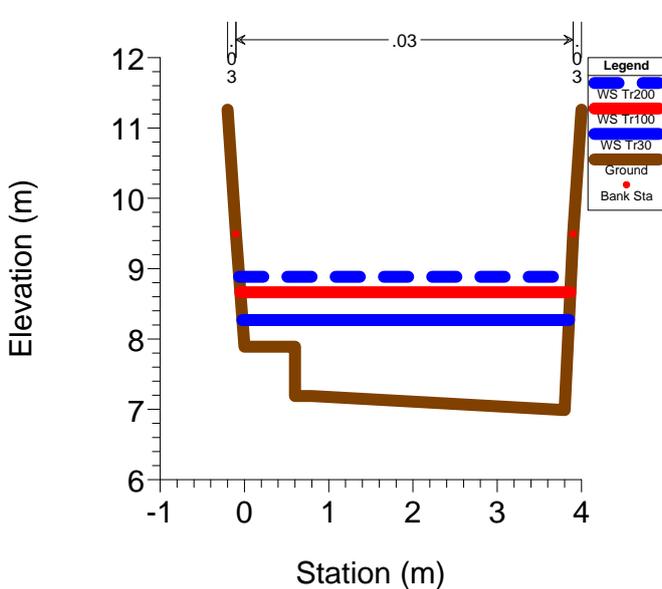
### RS = 8



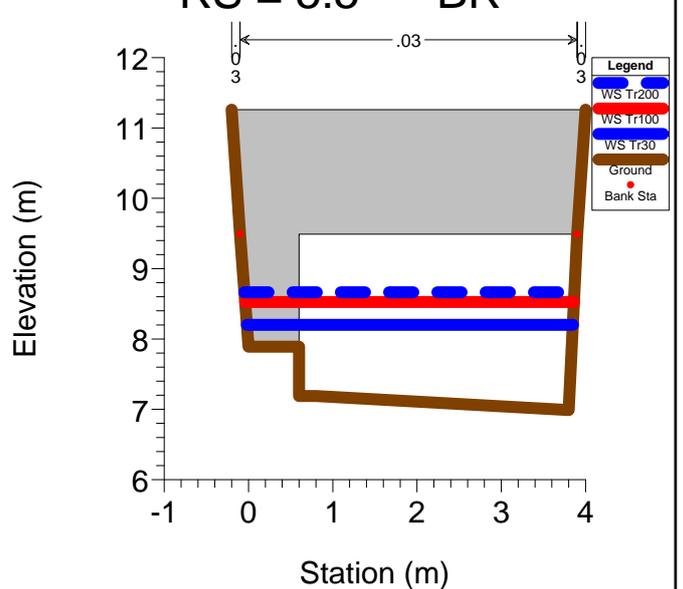
### RS = 7



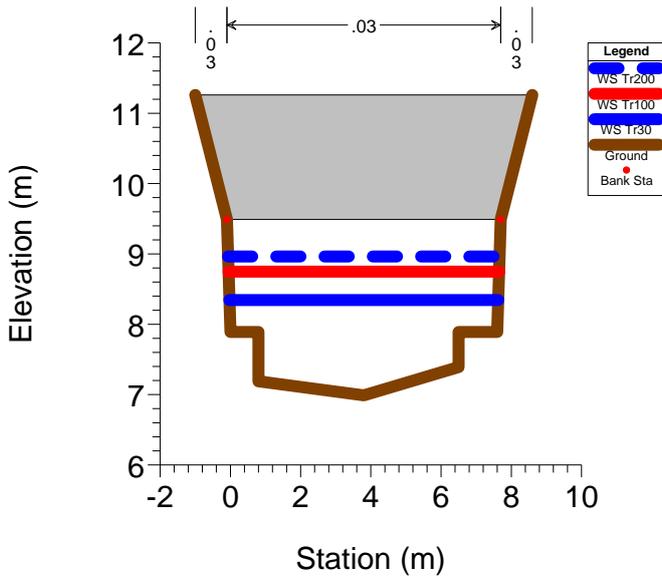
### RS = 6 Strada comunale lungo il Rogio



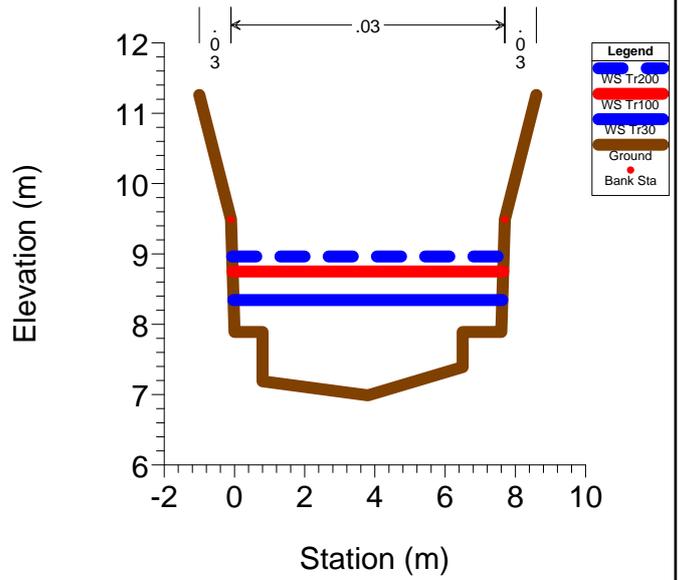
### RS = 5.5 BR



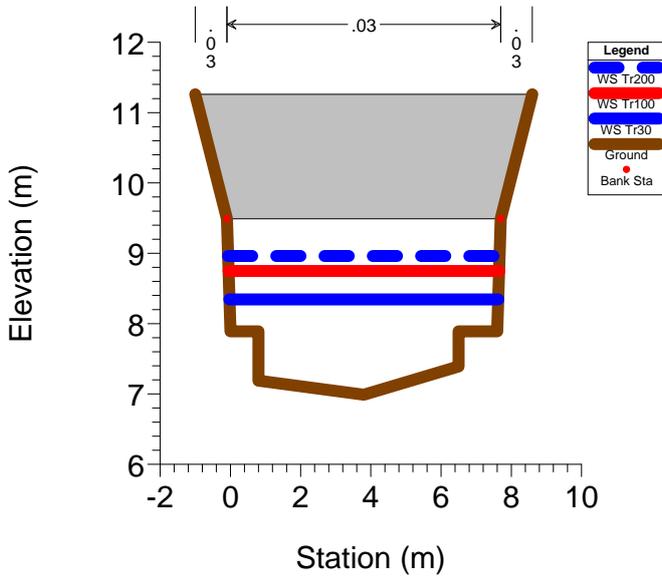
RS = 5.5 BR



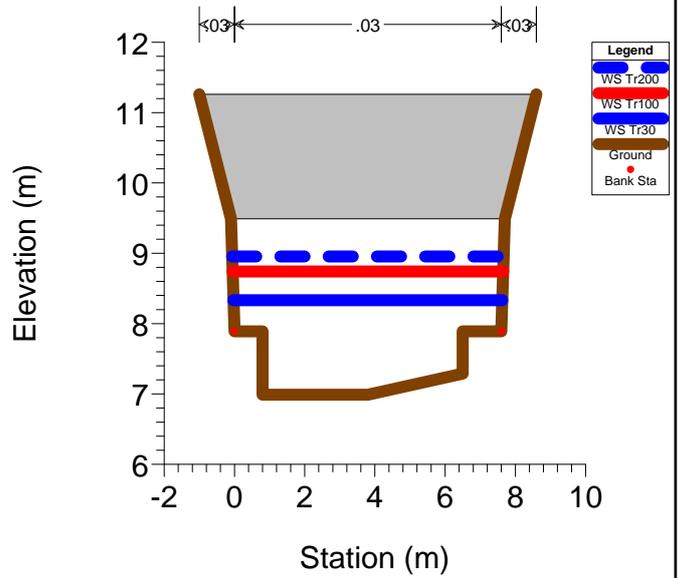
RS = 5 Strada comunale lungo il Rogio



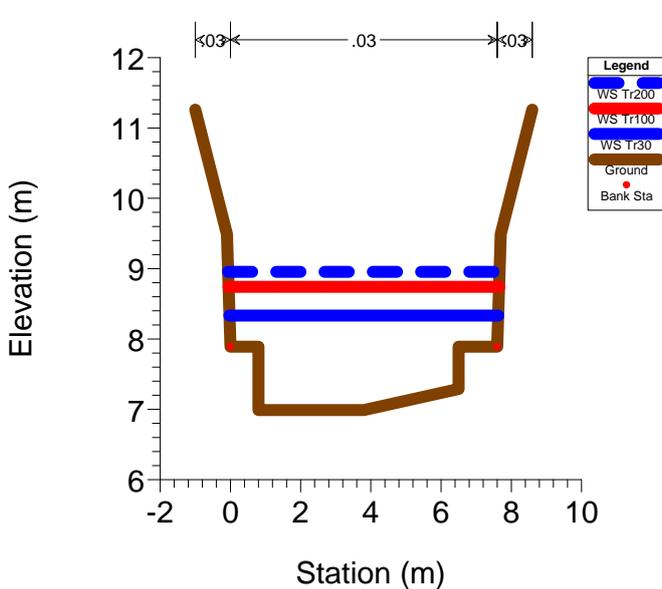
RS = 4.5 BR



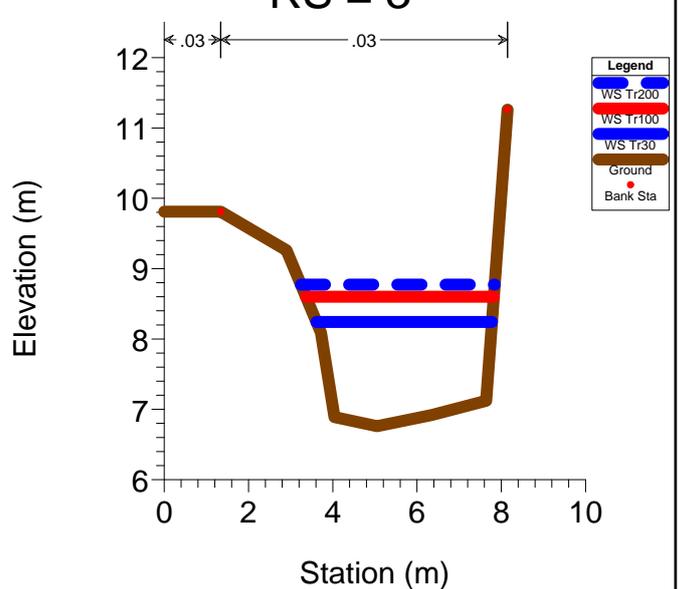
RS = 4.5 BR



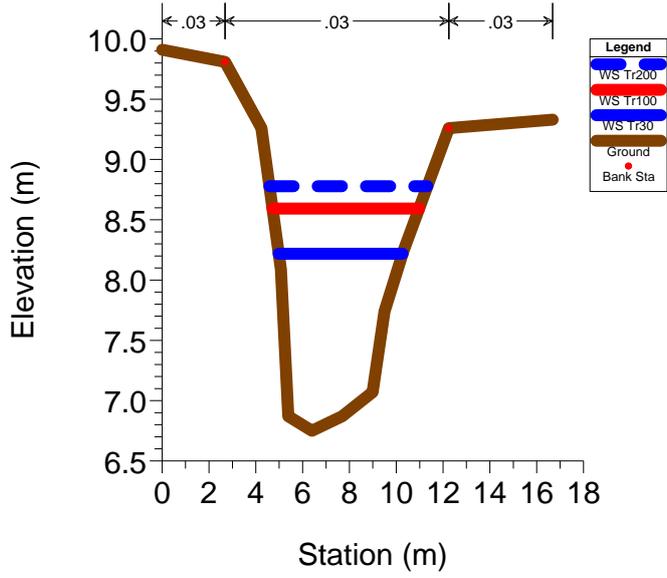
RS = 4 Strada comunale lungo il Rogio



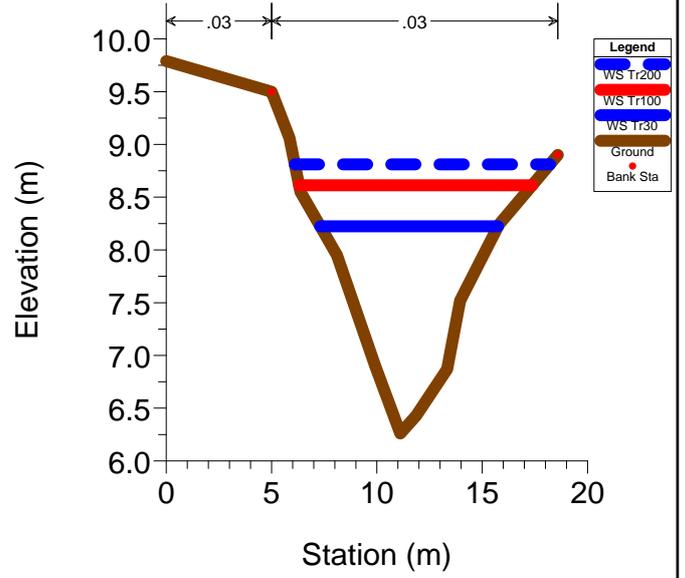
RS = 3



### RS = 2



### RS = 1



HEC-RAS Plan: intermedio River: Frizzone Reach: Frizzone

| Reach    | River Sta | Q Total<br>(m3/s) | Min Ch El<br>(m) | W.S. Elev<br>(m) | Crit W.S.<br>(m) | E.G. Elev<br>(m) | E.G. Slope<br>(m/m) | Vel Chnl<br>(m/s) | Flow Area<br>(m2) | Top Width<br>(m) | Froude # Chl |
|----------|-----------|-------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|---------------------|-------------------|-------------------|------------------|--------------|
| Frizzone | 89        | 8.40              | 12.83            | 14.54            |                  | 14.61            | 0.001420            | 1.28              | 7.45              | 10.00            | 0.37         |
| Frizzone | 89        | 13.10             | 12.83            | 14.96            |                  | 15.04            | 0.001006            | 1.31              | 11.74             | 10.00            | 0.32         |
| Frizzone | 89        | 16.40             | 12.83            | 15.88            |                  | 15.91            | 0.000291            | 0.94              | 20.88             | 10.00            | 0.19         |
| Frizzone | 88        | 8.40              | 12.66            | 14.49            |                  | 14.55            | 0.000944            | 1.12              | 8.72              | 10.00            | 0.30         |
| Frizzone | 88        | 13.10             | 12.66            | 14.93            |                  | 14.99            | 0.000729            | 1.18              | 13.12             | 10.00            | 0.28         |
| Frizzone | 88        | 16.40             | 12.66            | 15.87            |                  | 15.90            | 0.000233            | 0.88              | 22.48             | 10.00            | 0.17         |
| Frizzone | 87.8      | 8.40              | 12.82            | 14.41            |                  | 14.54            | 0.000971            | 1.82              | 5.67              | 10.00            | 0.46         |
| Frizzone | 87.8      | 13.10             | 12.82            | 14.91            |                  | 14.99            | 0.000365            | 1.34              | 10.66             | 10.00            | 0.29         |
| Frizzone | 87.8      | 16.40             | 12.82            | 15.87            |                  | 15.90            | 0.000081            | 0.81              | 20.20             | 10.00            | 0.15         |
| Frizzone | 87.2      | 8.40              | 12.82            | 14.40            |                  | 14.54            | 0.001032            | 1.86              | 5.54              | 10.00            | 0.47         |
| Frizzone | 87.2      | 13.10             | 12.82            | 14.91            |                  | 14.99            | 0.000368            | 1.34              | 10.63             | 10.00            | 0.30         |
| Frizzone | 87.2      | 16.40             | 12.82            | 15.86            |                  | 15.90            | 0.000081            | 0.81              | 20.19             | 10.00            | 0.15         |
| Frizzone | 87        | 8.40              | 12.63            | 14.45            |                  | 14.51            | 0.001027            | 1.15              | 8.43              | 10.00            | 0.31         |
| Frizzone | 87        | 13.10             | 12.63            | 14.92            |                  | 14.98            | 0.000727            | 1.18              | 13.13             | 10.00            | 0.28         |
| Frizzone | 87        | 16.40             | 12.63            | 15.87            |                  | 15.90            | 0.000231            | 0.87              | 22.58             | 10.00            | 0.17         |
| Frizzone | 86        | 8.40              | 12.27            | 14.35            | 13.94            | 14.40            | 0.001134            | 1.09              | 9.16              | 11.00            | 0.30         |
| Frizzone | 86        | 13.10             | 12.27            | 14.86            | 14.10            | 14.91            | 0.000653            | 1.03              | 14.79             | 11.00            | 0.24         |
| Frizzone | 86        | 16.40             | 12.27            | 15.85            | 14.19            | 15.87            | 0.000194            | 0.75              | 25.65             | 11.00            | 0.14         |
| Frizzone | 85.5      | Culvert           |                  |                  |                  |                  |                     |                   |                   |                  |              |
| Frizzone | 85        | 8.40              | 12.27            | 14.29            |                  | 14.35            | 0.001340            | 1.15              | 8.69              | 11.00            | 0.33         |
| Frizzone | 85        | 13.10             | 12.27            | 14.84            |                  | 14.89            | 0.000662            | 1.03              | 14.76             | 11.00            | 0.24         |
| Frizzone | 85        | 16.40             | 12.27            | 15.84            |                  | 15.86            | 0.000193            | 0.75              | 25.74             | 11.00            | 0.14         |
| Frizzone | 84        | 8.40              | 12.20            | 13.96            | 13.60            | 14.13            | 0.004682            | 1.81              | 4.65              | 4.58             | 0.57         |
| Frizzone | 84        | 13.10             | 12.20            | 14.62            | 13.89            | 14.77            | 0.002750            | 1.71              | 7.65              | 4.58             | 0.42         |
| Frizzone | 84        | 16.40             | 12.20            | 15.74            | 14.04            | 15.82            | 0.001085            | 1.28              | 12.79             | 4.58             | 0.24         |
| Frizzone | 83.5      | Bridge            |                  |                  |                  |                  |                     |                   |                   |                  |              |
| Frizzone | 83        | 8.40              | 11.78            | 13.35            | 13.35            | 14.04            | 0.027780            | 3.69              | 2.27              | 1.65             | 1.00         |
| Frizzone | 83        | 13.10             | 11.78            | 13.82            | 13.82            | 14.76            | 0.033125            | 4.29              | 3.06              | 1.65             | 1.01         |
| Frizzone | 83        | 16.40             | 11.78            | 14.13            | 14.13            | 15.21            | 0.036178            | 4.60              | 3.56              | 1.65             | 1.00         |
| Frizzone | 82        | 8.40              | 11.69            | 13.20            |                  | 13.32            | 0.002651            | 1.53              | 5.50              | 5.60             | 0.49         |
| Frizzone | 82        | 13.10             | 11.69            | 13.74            |                  | 13.84            | 0.001448            | 1.41              | 10.23             | 11.80            | 0.38         |
| Frizzone | 82        | 16.40             | 11.69            | 14.06            |                  | 14.14            | 0.000988            | 1.33              | 13.96             | 11.80            | 0.33         |
| Frizzone | 81        | 8.40              | 11.41            | 13.09            |                  | 13.16            | 0.001270            | 1.17              | 7.16              | 5.86             | 0.34         |
| Frizzone | 81        | 13.10             | 11.41            | 13.68            |                  | 13.74            | 0.000826            | 1.15              | 12.25             | 11.55            | 0.28         |
| Frizzone | 81        | 16.40             | 11.41            | 14.01            |                  | 14.07            | 0.000624            | 1.11              | 16.67             | 13.53            | 0.25         |
| Frizzone | 80        | 8.40              | 10.92            | 12.93            |                  | 12.96            | 0.000474            | 0.80              | 10.60             | 9.54             | 0.22         |
| Frizzone | 80        | 13.10             | 10.92            | 13.59            |                  | 13.62            | 0.000286            | 0.77              | 18.22             | 11.71            | 0.17         |
| Frizzone | 80        | 16.40             | 10.92            | 13.95            |                  | 13.98            | 0.000253            | 0.79              | 22.37             | 11.71            | 0.16         |
| Frizzone | 79        | 8.40              | 10.89            | 12.87            |                  | 12.90            | 0.000479            | 0.81              | 10.79             | 10.95            | 0.22         |
| Frizzone | 79        | 13.10             | 10.89            | 13.56            |                  | 13.59            | 0.000276            | 0.77              | 18.36             | 10.95            | 0.17         |
| Frizzone | 79        | 16.40             | 10.89            | 13.92            |                  | 13.95            | 0.000250            | 0.79              | 22.27             | 10.95            | 0.16         |
| Frizzone | 78        | 8.40              | 10.87            | 12.80            | 11.76            | 12.86            | 0.000827            | 1.11              | 7.92              | 4.75             | 0.26         |
| Frizzone | 78        | 13.10             | 10.87            | 13.48            | 12.02            | 13.56            | 0.000722            | 1.24              | 11.52             | 5.90             | 0.25         |
| Frizzone | 78        | 16.40             | 10.87            | 13.83            | 12.18            | 13.92            | 0.000711            | 1.34              | 13.57             | 5.90             | 0.25         |
| Frizzone | 77.5      | Bridge            |                  |                  |                  |                  |                     |                   |                   |                  |              |
| Frizzone | 77        | 8.40              | 11.07            | 12.70            |                  | 12.78            | 0.001792            | 1.21              | 6.92              | 5.84             | 0.36         |
| Frizzone | 77        | 13.10             | 11.07            | 13.36            |                  | 13.44            | 0.001133            | 1.18              | 11.06             | 6.45             | 0.29         |
| Frizzone | 77        | 16.40             | 11.07            | 13.73            |                  | 13.81            | 0.001022            | 1.22              | 13.42             | 6.45             | 0.27         |
| Frizzone | 76        | 8.40              | 10.68            | 12.71            |                  | 12.75            | 0.000587            | 0.89              | 9.61              | 8.47             | 0.24         |
| Frizzone | 76        | 13.10             | 10.68            | 13.38            |                  | 13.42            | 0.000387            | 0.88              | 15.94             | 12.68            | 0.20         |
| Frizzone | 76        | 16.40             | 10.68            | 13.75            |                  | 13.79            | 0.000309            | 0.88              | 20.66             | 12.68            | 0.19         |
| Frizzone | 75        | 8.40              | 10.63            | 12.55            |                  | 12.59            | 0.000706            | 0.94              | 8.91              | 6.58             | 0.26         |
| Frizzone | 75        | 13.10             | 10.63            | 13.30            |                  | 13.33            | 0.000319            | 0.82              | 18.06             | 13.66            | 0.19         |
| Frizzone | 75        | 16.40             | 10.63            | 13.69            |                  | 13.72            | 0.000242            | 0.81              | 23.42             | 13.66            | 0.17         |

HEC-RAS Plan: intermedio River: Frizzone Reach: Frizzone (Continued)

| Reach    | River Sta | Q Total<br>(m3/s) | Min Ch El<br>(m) | W.S. Elev<br>(m) | Crit W.S.<br>(m) | E.G. Elev<br>(m) | E.G. Slope<br>(m/m) | Vel Chnl<br>(m/s) | Flow Area<br>(m2) | Top Width<br>(m) | Froude # Chl |
|----------|-----------|-------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|---------------------|-------------------|-------------------|------------------|--------------|
| Frizzone | 74        | 8.40              | 10.40            | 12.29            |                  | 12.38            | 0.001785            | 1.36              | 6.19              | 4.00             | 0.35         |
| Frizzone | 74        | 13.10             | 10.40            | 13.17            |                  | 13.23            | 0.000774            | 1.15              | 13.11             | 10.17            | 0.24         |
| Frizzone | 74        | 16.40             | 10.40            | 13.59            |                  | 13.64            | 0.000564            | 1.09              | 17.39             | 10.17            | 0.21         |
| Frizzone | 73        | 8.40              | 10.05            | 12.26            | 11.30            | 12.36            | 0.001818            | 1.36              | 6.19              | 3.40             | 0.32         |
| Frizzone | 73        | 13.10             | 10.05            | 13.11            | 11.59            | 13.21            | 0.001482            | 1.43              | 9.38              | 4.55             | 0.28         |
| Frizzone | 73        | 16.40             | 10.05            | 13.51            | 11.77            | 13.63            | 0.001401            | 1.52              | 11.21             | 4.55             | 0.28         |
| Frizzone | 72.5      | Bridge            |                  |                  |                  |                  |                     |                   |                   |                  |              |
| Frizzone | 72        | 8.40              | 10.43            | 12.23            |                  | 12.32            | 0.001515            | 1.26              | 6.67              | 4.56             | 0.33         |
| Frizzone | 72        | 13.10             | 10.43            | 12.78            |                  | 12.88            | 0.001564            | 1.39              | 9.41              | 5.71             | 0.35         |
| Frizzone | 72        | 16.40             | 10.43            | 13.16            |                  | 13.26            | 0.001363            | 1.40              | 11.71             | 6.11             | 0.32         |
| Frizzone | 71        | 8.40              | 10.42            | 12.24            |                  | 12.29            | 0.000876            | 1.00              | 8.39              | 6.70             | 0.29         |
| Frizzone | 71        | 13.10             | 10.42            | 12.80            |                  | 12.85            | 0.000665            | 1.03              | 13.30             | 13.55            | 0.26         |
| Frizzone | 71        | 16.40             | 10.42            | 13.19            |                  | 13.24            | 0.000444            | 0.97              | 18.62             | 13.55            | 0.22         |
| Frizzone | 70        | 8.40              | 10.18            | 11.84            |                  | 11.93            | 0.001784            | 1.33              | 6.30              | 5.52             | 0.40         |
| Frizzone | 70        | 13.10             | 10.18            | 12.55            |                  | 12.62            | 0.000939            | 1.21              | 11.54             | 13.40            | 0.30         |
| Frizzone | 70        | 16.40             | 10.18            | 13.06            |                  | 13.10            | 0.000476            | 1.03              | 18.32             | 13.40            | 0.22         |
| Frizzone | 69        | 8.40              | 10.42            | 11.66            |                  | 11.87            | 0.005763            | 2.03              | 4.13              | 4.29             | 0.66         |
| Frizzone | 69        | 13.10             | 10.42            | 12.46            |                  | 12.60            | 0.002233            | 1.64              | 8.33              | 8.45             | 0.41         |
| Frizzone | 69        | 16.40             | 10.42            | 13.00            |                  | 13.09            | 0.001179            | 1.38              | 12.88             | 8.45             | 0.30         |
| Frizzone | 68        | 8.40              | 10.10            | 11.79            | 10.63            | 11.81            | 0.000226            | 0.71              | 11.83             | 8.62             | 0.17         |
| Frizzone | 68        | 13.10             | 10.10            | 12.53            | 10.81            | 12.56            | 0.000163            | 0.77              | 17.03             | 9.33             | 0.16         |
| Frizzone | 68        | 16.40             | 10.10            | 13.04            | 10.92            | 13.07            | 0.000118            | 0.74              | 24.75             | 9.82             | 0.14         |
| Frizzone | 67.5      | Culvert           |                  |                  |                  |                  |                     |                   |                   |                  |              |
| Frizzone | 67        | 8.40              | 10.08            | 11.78            | 10.61            | 11.80            | 0.000222            | 0.71              | 11.88             | 8.62             | 0.17         |
| Frizzone | 67        | 13.10             | 10.08            | 12.51            | 10.79            | 12.54            | 0.000164            | 0.77              | 16.99             | 9.31             | 0.16         |
| Frizzone | 67        | 16.40             | 10.08            | 12.98            | 10.90            | 13.02            | 0.000141            | 0.81              | 20.33             | 9.77             | 0.15         |
| Frizzone | 66.9      | 8.40              | 10.30            | 11.78            |                  | 11.80            | 0.000410            | 0.72              | 11.60             | 8.95             | 0.20         |
| Frizzone | 66.9      | 13.10             | 10.30            | 12.51            |                  | 12.54            | 0.000257            | 0.71              | 18.57             | 10.02            | 0.17         |
| Frizzone | 66.9      | 16.40             | 10.30            | 12.99            |                  | 13.01            | 0.000212            | 0.69              | 24.35             | 18.69            | 0.15         |
| Frizzone | 66        | 8.40              | 10.29            | 11.78            |                  | 11.79            | 0.000336            | 0.61              | 13.74             | 13.00            | 0.19         |
| Frizzone | 66        | 13.10             | 10.29            | 12.52            |                  | 12.53            | 0.000158            | 0.54              | 24.15             | 15.14            | 0.14         |
| Frizzone | 66        | 16.40             | 10.29            | 13.00            |                  | 13.01            | 0.000110            | 0.52              | 31.95             | 20.43            | 0.12         |
| Frizzone | 65.9      | 8.40              | 10.28            | 11.77            |                  | 11.79            | 0.000338            | 0.61              | 13.71             | 12.98            | 0.19         |
| Frizzone | 65.9      | 13.10             | 10.28            | 12.51            |                  | 12.53            | 0.000157            | 0.54              | 24.16             | 15.13            | 0.14         |
| Frizzone | 65.9      | 16.40             | 10.28            | 12.99            |                  | 13.01            | 0.000110            | 0.52              | 31.97             | 20.38            | 0.12         |
| Frizzone | 65.89     | 8.40              | 9.94             | 11.76            | 10.47            | 11.79            | 0.000304            | 0.66              | 12.79             | 7.02             | 0.16         |
| Frizzone | 65.89     | 13.10             | 9.94             | 12.50            | 10.65            | 12.53            | 0.000262            | 0.73              | 17.94             | 8.14             | 0.15         |
| Frizzone | 65.89     | 16.40             | 9.94             | 12.98            | 10.76            | 13.01            | 0.000217            | 0.74              | 23.58             | 13.57            | 0.14         |
| Frizzone | 65.85     | Culvert           |                  |                  |                  |                  |                     |                   |                   |                  |              |
| Frizzone | 65.81     | 8.40              | 9.92             | 11.75            | 10.45            | 11.78            | 0.000300            | 0.65              | 12.86             | 7.02             | 0.15         |
| Frizzone | 65.81     | 13.10             | 9.92             | 12.47            | 10.63            | 12.50            | 0.000267            | 0.73              | 17.88             | 8.05             | 0.15         |
| Frizzone | 65.81     | 16.40             | 9.92             | 12.93            | 10.74            | 12.96            | 0.000226            | 0.76              | 23.10             | 13.57            | 0.14         |
| Frizzone | 65.8      | 8.40              | 10.25            | 11.75            |                  | 11.78            | 0.000377            | 0.65              | 12.95             | 12.15            | 0.20         |
| Frizzone | 65.8      | 13.10             | 10.25            | 12.48            |                  | 12.49            | 0.000183            | 0.56              | 23.28             | 15.19            | 0.15         |
| Frizzone | 65.8      | 16.40             | 10.25            | 12.94            |                  | 12.96            | 0.000134            | 0.53              | 30.81             | 16.81            | 0.13         |
| Frizzone | 65        | 8.40              | 9.69             | 11.68            |                  | 11.72            | 0.000588            | 0.86              | 9.78              | 7.72             | 0.24         |
| Frizzone | 65        | 13.10             | 9.69             | 12.44            |                  | 12.47            | 0.000290            | 0.77              | 18.70             | 18.16            | 0.18         |
| Frizzone | 65        | 16.40             | 9.69             | 12.92            |                  | 12.94            | 0.000172            | 0.69              | 27.42             | 18.16            | 0.15         |
| Frizzone | 64        | 8.40              | 9.72             | 11.60            |                  | 11.64            | 0.000636            | 0.89              | 9.42              | 7.65             | 0.25         |
| Frizzone | 64        | 13.10             | 9.72             | 12.40            |                  | 12.43            | 0.000267            | 0.76              | 19.74             | 17.61            | 0.17         |
| Frizzone | 64        | 16.40             | 9.72             | 12.89            |                  | 12.91            | 0.000158            | 0.68              | 28.47             | 17.61            | 0.14         |
| Frizzone | 63        | 8.40              | 9.47             | 11.58            |                  | 11.63            | 0.000655            | 0.92              | 9.12              | 6.47             | 0.25         |
| Frizzone | 63        | 13.10             | 9.47             | 12.38            |                  | 12.42            | 0.000425            | 0.88              | 14.82             | 7.60             | 0.20         |
| Frizzone | 63        | 16.40             | 9.47             | 12.87            |                  | 12.91            | 0.000357            | 0.88              | 18.54             | 7.60             | 0.18         |

HEC-RAS Plan: intermedio River: Frizzone Reach: Frizzone (Continued)

| Reach    | River Sta | Q Total<br>(m3/s) | Min Ch El<br>(m) | W.S. Elev<br>(m) | Crit W.S.<br>(m) | E.G. Elev<br>(m) | E.G. Slope<br>(m/m) | Vel Chnl<br>(m/s) | Flow Area<br>(m2) | Top Width<br>(m) | Froude # Chl |
|----------|-----------|-------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|---------------------|-------------------|-------------------|------------------|--------------|
| Frizzone | 62        | 8.40              | 9.50             | 11.58            |                  | 11.62            | 0.000606            | 0.90              | 9.38              | 6.53             | 0.24         |
| Frizzone | 62        | 13.10             | 9.50             | 12.38            |                  | 12.42            | 0.000402            | 0.87              | 15.11             | 7.60             | 0.20         |
| Frizzone | 62        | 16.40             | 9.50             | 12.87            |                  | 12.91            | 0.000342            | 0.87              | 18.84             | 7.60             | 0.18         |
| Frizzone | 61        | 8.40              | 9.64             | 11.51            |                  | 11.55            | 0.000664            | 0.91              | 9.18              | 6.90             | 0.25         |
| Frizzone | 61        | 13.10             | 9.64             | 12.35            |                  | 12.38            | 0.000259            | 0.74              | 20.39             | 18.65            | 0.17         |
| Frizzone | 61        | 16.40             | 9.64             | 12.86            |                  | 12.88            | 0.000147            | 0.65              | 29.86             | 18.65            | 0.13         |
| Frizzone | 60        | 8.40              | 9.41             | 11.46            |                  | 11.51            | 0.000772            | 0.99              | 8.46              | 5.34             | 0.25         |
| Frizzone | 60        | 13.10             | 9.41             | 12.30            |                  | 12.35            | 0.000576            | 1.00              | 13.08             | 5.53             | 0.21         |
| Frizzone | 60        | 16.40             | 9.41             | 12.80            |                  | 12.86            | 0.000545            | 1.03              | 15.85             | 5.53             | 0.20         |
| Frizzone | 59        | 8.40              | 9.30             | 11.47            |                  | 11.51            | 0.000615            | 0.91              | 9.21              | 5.36             | 0.22         |
| Frizzone | 59        | 13.10             | 9.30             | 12.30            |                  | 12.35            | 0.000501            | 0.95              | 13.82             | 5.53             | 0.19         |
| Frizzone | 59        | 16.40             | 9.30             | 12.80            |                  | 12.85            | 0.000487            | 0.99              | 16.60             | 5.53             | 0.18         |
| Frizzone | 58        | 8.40              | 9.23             | 11.42            |                  | 11.45            | 0.000422            | 0.75              | 11.17             | 8.20             | 0.21         |
| Frizzone | 58        | 13.10             | 9.23             | 12.29            |                  | 12.31            | 0.000171            | 0.63              | 23.12             | 17.06            | 0.14         |
| Frizzone | 58        | 16.40             | 9.23             | 12.80            |                  | 12.82            | 0.000108            | 0.59              | 31.90             | 17.06            | 0.12         |
| Frizzone | 57        | 8.40              | 9.25             | 11.35            |                  | 11.40            | 0.000662            | 0.92              | 9.11              | 6.03             | 0.24         |
| Frizzone | 57        | 13.10             | 9.25             | 12.24            |                  | 12.28            | 0.000423            | 0.89              | 14.79             | 6.55             | 0.19         |
| Frizzone | 57        | 16.40             | 9.25             | 12.76            |                  | 12.80            | 0.000380            | 0.90              | 18.17             | 6.55             | 0.17         |
| Frizzone | 56        | 8.40              | 9.15             | 11.35            |                  | 11.39            | 0.000538            | 0.86              | 9.77              | 6.05             | 0.22         |
| Frizzone | 56        | 13.10             | 9.15             | 12.24            |                  | 12.28            | 0.000373            | 0.85              | 15.45             | 6.55             | 0.18         |
| Frizzone | 56        | 16.40             | 9.15             | 12.76            |                  | 12.80            | 0.000344            | 0.87              | 18.82             | 6.55             | 0.16         |
| Frizzone | 55        | 8.40              | 9.03             | 11.30            |                  | 11.33            | 0.000509            | 0.83              | 10.17             | 7.20             | 0.22         |
| Frizzone | 55        | 13.10             | 9.03             | 12.22            |                  | 12.24            | 0.000215            | 0.67              | 22.40             | 18.63            | 0.15         |
| Frizzone | 55        | 16.40             | 9.03             | 12.75            |                  | 12.76            | 0.000129            | 0.58              | 32.27             | 18.63            | 0.11         |
| Frizzone | 54        | 8.40              | 9.03             | 11.23            |                  | 11.27            | 0.000599            | 0.89              | 9.39              | 6.08             | 0.23         |
| Frizzone | 54        | 13.10             | 9.03             | 12.17            |                  | 12.21            | 0.000366            | 0.84              | 15.62             | 7.16             | 0.18         |
| Frizzone | 54        | 16.40             | 9.03             | 12.71            |                  | 12.74            | 0.000315            | 0.84              | 19.45             | 7.22             | 0.16         |
| Frizzone | 53        | 8.40              | 8.95             | 11.19            |                  | 11.26            | 0.001257            | 1.20              | 7.00              | 4.58             | 0.31         |
| Frizzone | 53        | 13.10             | 8.95             | 12.14            |                  | 12.20            | 0.000774            | 1.11              | 11.75             | 5.35             | 0.24         |
| Frizzone | 53        | 16.40             | 8.95             | 12.67            |                  | 12.74            | 0.000685            | 1.12              | 14.60             | 5.35             | 0.22         |
| Frizzone | 52        | 8.40              | 9.08             | 11.18            |                  | 11.23            | 0.000817            | 0.97              | 8.67              | 7.62             | 0.28         |
| Frizzone | 52        | 13.10             | 9.08             | 12.16            |                  | 12.18            | 0.000224            | 0.70              | 21.44             | 18.18            | 0.16         |
| Frizzone | 52        | 16.40             | 9.08             | 12.70            |                  | 12.71            | 0.000126            | 0.62              | 31.26             | 18.18            | 0.12         |
| Frizzone | 51        | 8.40              | 9.04             | 11.13            |                  | 11.20            | 0.001218            | 1.17              | 7.19              | 4.30             | 0.29         |
| Frizzone | 51        | 13.10             | 9.04             | 12.10            |                  | 12.16            | 0.000859            | 1.14              | 11.49             | 4.57             | 0.23         |
| Frizzone | 51        | 16.40             | 9.04             | 12.63            |                  | 12.70            | 0.000826            | 1.17              | 14.08             | 4.90             | 0.22         |
| Frizzone | 50        | 8.40              | 9.09             | 11.13            |                  | 11.19            | 0.000924            | 1.05              | 8.03              | 4.53             | 0.25         |
| Frizzone | 50        | 13.10             | 9.09             | 12.10            |                  | 12.16            | 0.000689            | 1.04              | 12.54             | 4.78             | 0.21         |
| Frizzone | 50        | 16.40             | 9.09             | 12.64            |                  | 12.70            | 0.000694            | 1.09              | 15.10             | 5.10             | 0.20         |
| Frizzone | 49        | 8.40              | 8.99             | 11.13            |                  | 11.17            | 0.000631            | 0.90              | 9.31              | 5.99             | 0.23         |
| Frizzone | 49        | 13.10             | 8.99             | 12.11            |                  | 12.14            | 0.000308            | 0.80              | 17.45             | 9.35             | 0.16         |
| Frizzone | 49        | 16.40             | 8.99             | 12.65            |                  | 12.68            | 0.000242            | 0.78              | 22.49             | 9.38             | 0.14         |
| Frizzone | 48        | 8.40              | 9.34             | 11.10            |                  | 11.15            | 0.000863            | 1.00              | 8.41              | 5.92             | 0.27         |
| Frizzone | 48        | 13.10             | 9.34             | 12.10            |                  | 12.13            | 0.000448            | 0.86              | 15.16             | 7.19             | 0.19         |
| Frizzone | 48        | 16.40             | 9.34             | 12.63            |                  | 12.67            | 0.000372            | 0.86              | 19.02             | 7.19             | 0.17         |
| Frizzone | 47        | 8.40              | 9.35             | 11.13            | 9.84             | 11.14            | 0.000262            | 0.61              | 13.66             | 7.70             | 0.15         |
| Frizzone | 47        | 13.10             | 9.35             | 12.11            | 10.02            | 12.13            | 0.000182            | 0.62              | 21.24             | 7.70             | 0.12         |
| Frizzone | 47        | 16.40             | 9.35             | 12.65            | 10.12            | 12.67            | 0.000175            | 0.65              | 25.37             | 7.71             | 0.11         |
| Frizzone | 46.5      | Bridge            |                  |                  |                  |                  |                     |                   |                   |                  |              |
| Frizzone | 46        | 8.40              | 9.35             | 11.12            |                  | 11.14            | 0.000263            | 0.62              | 13.65             | 7.70             | 0.15         |
| Frizzone | 46        | 13.10             | 9.35             | 12.11            |                  | 12.13            | 0.000182            | 0.62              | 21.23             | 7.70             | 0.12         |
| Frizzone | 46        | 16.40             | 9.35             | 12.62            |                  | 12.64            | 0.000178            | 0.65              | 25.18             | 7.71             | 0.12         |
| Frizzone | 45        | 8.40              | 9.21             | 11.01            |                  | 11.13            | 0.002741            | 1.56              | 5.38              | 4.71             | 0.47         |
| Frizzone | 45        | 13.10             | 9.21             | 12.06            |                  | 12.12            | 0.000735            | 1.10              | 12.44             | 8.00             | 0.26         |
| Frizzone | 45        | 16.40             | 9.21             | 12.59            |                  | 12.64            | 0.000505            | 1.03              | 16.71             | 8.32             | 0.22         |

HEC-RAS Plan: intermedio River: Frizzone Reach: Frizzone (Continued)

| Reach    | River Sta | Q Total<br>(m3/s) | Min Ch El<br>(m) | W.S. Elev<br>(m) | Crit W.S.<br>(m) | E.G. Elev<br>(m) | E.G. Slope<br>(m/m) | Vel Chnl<br>(m/s) | Flow Area<br>(m2) | Top Width<br>(m) | Froude # Chl |
|----------|-----------|-------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|---------------------|-------------------|-------------------|------------------|--------------|
| Frizzone | 44        | 8.40              | 8.91             | 11.05            |                  | 11.09            | 0.000552            | 0.85              | 9.87              | 6.79             | 0.23         |
| Frizzone | 44        | 13.10             | 8.91             | 12.08            |                  | 12.11            | 0.000270            | 0.70              | 18.65             | 9.58             | 0.16         |
| Frizzone | 44        | 16.40             | 8.91             | 12.60            |                  | 12.63            | 0.000192            | 0.67              | 26.28             | 19.34            | 0.14         |
| Frizzone | 43        | 8.40              | 8.65             | 11.05            | 9.56             | 11.08            | 0.000369            | 0.74              | 11.37             | 5.34             | 0.16         |
| Frizzone | 43        | 13.10             | 8.65             | 12.07            | 9.77             | 12.10            | 0.000319            | 0.77              | 16.98             | 5.64             | 0.14         |
| Frizzone | 43        | 16.40             | 8.65             | 12.59            | 9.91             | 12.62            | 0.000331            | 0.83              | 19.88             | 5.64             | 0.14         |
| Frizzone | 42.5      | Bridge            |                  |                  |                  |                  |                     |                   |                   |                  |              |
| Frizzone | 42        | 8.40              | 8.85             | 11.05            |                  | 11.08            | 0.000491            | 0.82              | 10.26             | 5.34             | 0.19         |
| Frizzone | 42        | 13.10             | 8.85             | 12.04            |                  | 12.07            | 0.000351            | 0.83              | 15.98             | 5.94             | 0.16         |
| Frizzone | 42        | 16.40             | 8.85             | 12.57            |                  | 12.61            | 0.000332            | 0.88              | 19.16             | 5.94             | 0.15         |
| Frizzone | 41        | 8.40              | 8.92             | 10.99            |                  | 11.02            | 0.000437            | 0.78              | 11.02             | 10.28            | 0.21         |
| Frizzone | 41        | 13.10             | 8.92             | 12.02            |                  | 12.04            | 0.000160            | 0.62              | 22.46             | 11.88            | 0.14         |
| Frizzone | 41        | 16.40             | 8.92             | 12.57            |                  | 12.58            | 0.000110            | 0.59              | 30.59             | 15.76            | 0.12         |
| Frizzone | 40        | 8.40              | 8.75             | 10.91            | 9.78             | 10.95            | 0.000620            | 0.91              | 9.20              | 5.85             | 0.23         |
| Frizzone | 40        | 13.10             | 8.75             | 11.97            | 10.03            | 12.01            | 0.000364            | 0.85              | 15.50             | 5.94             | 0.17         |
| Frizzone | 40        | 16.40             | 8.75             | 12.52            | 10.19            | 12.56            | 0.000347            | 0.87              | 18.75             | 5.94             | 0.16         |
| Frizzone | 39.5      | Bridge            |                  |                  |                  |                  |                     |                   |                   |                  |              |
| Frizzone | 39        | 8.40              | 8.70             | 10.86            |                  | 10.91            | 0.000635            | 0.92              | 9.11              | 5.85             | 0.24         |
| Frizzone | 39        | 13.10             | 8.70             | 11.61            |                  | 11.66            | 0.000521            | 0.97              | 13.53             | 5.94             | 0.20         |
| Frizzone | 39        | 16.40             | 8.70             | 12.25            |                  | 12.29            | 0.000426            | 0.95              | 17.31             | 5.94             | 0.18         |
| Frizzone | 38        | 8.40              | 8.69             | 10.85            | 9.70             | 10.89            | 0.000464            | 0.86              | 9.92              | 6.24             | 0.21         |
| Frizzone | 38        | 13.10             | 8.69             | 11.60            | 9.94             | 11.64            | 0.000366            | 0.92              | 14.80             | 6.75             | 0.19         |
| Frizzone | 38        | 16.40             | 8.69             | 12.24            | 10.08            | 12.28            | 0.000285            | 0.90              | 19.12             | 6.75             | 0.16         |
| Frizzone | 37.5      | Bridge            |                  |                  |                  |                  |                     |                   |                   |                  |              |
| Frizzone | 37        | 8.40              | 8.59             | 10.85            |                  | 10.88            | 0.000384            | 0.76              | 11.04             | 6.43             | 0.19         |
| Frizzone | 37        | 13.10             | 8.59             | 11.53            |                  | 11.57            | 0.000362            | 0.84              | 15.62             | 7.00             | 0.18         |
| Frizzone | 37        | 16.40             | 8.59             | 12.20            |                  | 12.23            | 0.000277            | 0.81              | 20.33             | 7.05             | 0.15         |
| Frizzone | 36        | 8.40              | 8.60             | 10.83            | 9.51             | 10.87            | 0.000537            | 0.85              | 9.94              | 5.97             | 0.21         |
| Frizzone | 36        | 13.10             | 8.60             | 11.51            | 9.77             | 11.56            | 0.000485            | 0.91              | 14.35             | 6.90             | 0.20         |
| Frizzone | 36        | 16.40             | 8.60             | 12.19            | 9.92             | 12.23            | 0.000351            | 0.86              | 18.99             | 6.90             | 0.17         |
| Frizzone | 35.5      | Bridge            |                  |                  |                  |                  |                     |                   |                   |                  |              |
| Frizzone | 35        | 8.40              | 8.55             | 10.83            |                  | 10.86            | 0.000447            | 0.80              | 10.55             | 5.96             | 0.19         |
| Frizzone | 35        | 13.10             | 8.55             | 11.44            |                  | 11.48            | 0.000468            | 0.90              | 14.49             | 6.87             | 0.20         |
| Frizzone | 35        | 16.40             | 8.55             | 12.11            |                  | 12.15            | 0.000343            | 0.86              | 19.12             | 6.90             | 0.16         |
| Frizzone | 34        | 8.40              | 8.88             | 10.79            |                  | 10.84            | 0.000818            | 0.94              | 8.90              | 8.00             | 0.29         |
| Frizzone | 34        | 13.10             | 8.88             | 11.43            |                  | 11.46            | 0.000421            | 0.86              | 16.76             | 18.00            | 0.22         |
| Frizzone | 34        | 16.40             | 8.88             | 12.12            |                  | 12.14            | 0.000149            | 0.65              | 29.18             | 18.00            | 0.14         |
| Frizzone | 33        | 8.40              | 8.56             | 10.78            | 9.55             | 10.81            | 0.000398            | 0.74              | 11.30             | 6.40             | 0.18         |
| Frizzone | 33        | 13.10             | 8.56             | 11.41            | 9.77             | 11.45            | 0.000414            | 0.86              | 15.32             | 6.40             | 0.18         |
| Frizzone | 33        | 16.40             | 8.56             | 12.09            | 9.89             | 12.13            | 0.000330            | 0.83              | 19.67             | 6.40             | 0.15         |
| Frizzone | 32.5      | Bridge            |                  |                  |                  |                  |                     |                   |                   |                  |              |
| Frizzone | 32        | 8.40              | 8.51             | 10.75            |                  | 10.78            | 0.000373            | 0.73              | 11.50             | 6.40             | 0.17         |
| Frizzone | 32        | 13.10             | 8.51             | 11.19            |                  | 11.23            | 0.000494            | 0.92              | 14.30             | 6.40             | 0.20         |
| Frizzone | 32        | 16.40             | 8.51             | 11.77            |                  | 11.81            | 0.000413            | 0.91              | 18.00             | 6.40             | 0.17         |
| Frizzone | 31        | 8.40              | 8.72             | 10.72            |                  | 10.77            | 0.000836            | 0.97              | 8.68              | 7.55             | 0.29         |
| Frizzone | 31        | 13.10             | 8.72             | 11.16            |                  | 11.22            | 0.000802            | 1.06              | 12.33             | 9.00             | 0.29         |
| Frizzone | 31        | 16.40             | 8.72             | 11.77            |                  | 11.80            | 0.000326            | 0.83              | 21.95             | 17.81            | 0.19         |
| Frizzone | 30        | 8.40              | 8.38             | 10.39            |                  | 10.48            | 0.001849            | 1.31              | 6.40              | 5.87             | 0.40         |
| Frizzone | 30        | 13.10             | 8.38             | 10.86            |                  | 10.95            | 0.001652            | 1.37              | 9.56              | 7.74             | 0.39         |
| Frizzone | 30        | 16.40             | 8.38             | 11.69            |                  | 11.72            | 0.000345            | 0.85              | 22.18             | 17.36            | 0.20         |
| Frizzone | 29        | 8.40              | 8.39             | 10.02            |                  | 10.08            | 0.001261            | 1.15              | 7.31              | 6.38             | 0.34         |
| Frizzone | 29        | 13.10             | 8.39             | 10.54            |                  | 10.61            | 0.001027            | 1.19              | 11.03             | 7.78             | 0.32         |
| Frizzone | 29        | 16.40             | 8.39             | 11.64            |                  | 11.66            | 0.000151            | 0.63              | 30.89             | 21.07            | 0.13         |

HEC-RAS Plan: intermedio River: Frizzone Reach: Frizzone (Continued)

| Reach    | River Sta | Q Total<br>(m3/s) | Min Ch El<br>(m) | W.S. Elev<br>(m) | Crit W.S.<br>(m) | E.G. Elev<br>(m) | E.G. Slope<br>(m/m) | Vel Chnl<br>(m/s) | Flow Area<br>(m2) | Top Width<br>(m) | Froude # Chl |
|----------|-----------|-------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|---------------------|-------------------|-------------------|------------------|--------------|
| Frizzone | 28        | 8.40              | 8.47             | 10.00            | 9.30             | 10.06            | 0.001197            | 1.13              | 7.43              | 6.00             | 0.32         |
| Frizzone | 28        | 13.10             | 8.47             | 10.52            | 9.52             | 10.60            | 0.001074            | 1.24              | 10.55             | 6.00             | 0.30         |
| Frizzone | 28        | 16.40             | 8.47             | 11.61            | 9.65             | 11.65            | 0.000455            | 0.96              | 17.07             | 6.00             | 0.18         |
| Frizzone | 27.5      | Bridge            |                  |                  |                  |                  |                     |                   |                   |                  |              |
| Frizzone | 27        | 8.40              | 8.37             | 9.95             |                  | 10.04            | 0.001850            | 1.33              | 6.33              | 6.00             | 0.41         |
| Frizzone | 27        | 13.10             | 8.37             | 10.48            |                  | 10.58            | 0.001395            | 1.38              | 9.51              | 6.00             | 0.35         |
| Frizzone | 27        | 16.40             | 8.37             | 11.46            |                  | 11.52            | 0.000585            | 1.07              | 15.39             | 6.00             | 0.21         |
| Frizzone | 26        | 8.40              | 8.03             | 9.93             |                  | 9.99             | 0.001081            | 1.09              | 7.74              | 6.70             | 0.32         |
| Frizzone | 26        | 13.10             | 8.03             | 10.47            |                  | 10.53            | 0.000875            | 1.10              | 11.94             | 8.73             | 0.30         |
| Frizzone | 26        | 16.40             | 8.03             | 11.48            |                  | 11.50            | 0.000178            | 0.66              | 28.16             | 21.13            | 0.15         |
| Frizzone | 25        | 8.40              | 8.39             | 9.91             | 9.07             | 9.95             | 0.000686            | 0.88              | 9.55              | 7.43             | 0.25         |
| Frizzone | 25        | 13.10             | 8.39             | 10.46            | 9.26             | 10.50            | 0.000589            | 0.95              | 13.73             | 7.93             | 0.23         |
| Frizzone | 25        | 16.40             | 8.39             | 11.46            | 9.38             | 11.49            | 0.000244            | 0.74              | 22.03             | 8.30             | 0.15         |
| Frizzone | 24.5      | Bridge            |                  |                  |                  |                  |                     |                   |                   |                  |              |
| Frizzone | 24        | 8.40              | 8.24             | 9.91             |                  | 9.94             | 0.000482            | 0.83              | 10.42             | 7.47             | 0.22         |
| Frizzone | 24        | 13.10             | 8.24             | 10.41            |                  | 10.46            | 0.000472            | 0.96              | 14.28             | 7.91             | 0.21         |
| Frizzone | 24        | 16.40             | 8.24             | 11.43            |                  | 11.46            | 0.000205            | 0.77              | 22.63             | 8.30             | 0.14         |
| Frizzone | 23        | 8.40              | 8.15             | 9.88             | 8.77             | 9.90             | 0.000373            | 0.72              | 11.68             | 7.64             | 0.19         |
| Frizzone | 23        | 13.10             | 8.15             | 10.38            | 8.96             | 10.42            | 0.000395            | 0.84              | 15.62             | 7.99             | 0.19         |
| Frizzone | 23        | 16.40             | 8.15             | 11.42            | 9.07             | 11.44            | 0.000182            | 0.68              | 24.24             | 8.53             | 0.13         |
| Frizzone | 22.5      | Bridge            |                  |                  |                  |                  |                     |                   |                   |                  |              |
| Frizzone | 22        | 8.40              | 7.99             | 9.87             |                  | 9.90             | 0.000304            | 0.67              | 12.50             | 7.66             | 0.17         |
| Frizzone | 22        | 13.10             | 7.99             | 10.37            |                  | 10.40            | 0.000343            | 0.80              | 16.37             | 8.00             | 0.18         |
| Frizzone | 22        | 16.40             | 7.99             | 11.32            |                  | 11.34            | 0.000180            | 0.67              | 24.30             | 8.53             | 0.13         |
| Frizzone | 21        | 8.40              | 8.38             | 9.76             | 9.27             | 9.87             | 0.002396            | 1.47              | 5.71              | 5.54             | 0.46         |
| Frizzone | 21        | 13.10             | 8.38             | 10.26            | 9.52             | 10.37            | 0.001842            | 1.51              | 8.68              | 6.38             | 0.41         |
| Frizzone | 21        | 16.40             | 8.38             | 11.28            | 9.68             | 11.33            | 0.000541            | 1.03              | 15.95             | 7.40             | 0.22         |
| Frizzone | 20.5      | Bridge            |                  |                  |                  |                  |                     |                   |                   |                  |              |
| Frizzone | 20        | 8.40              | 8.28             | 9.74             |                  | 9.85             | 0.002177            | 1.43              | 5.89              | 5.52             | 0.44         |
| Frizzone | 20        | 13.10             | 8.28             | 10.23            |                  | 10.34            | 0.001759            | 1.49              | 8.80              | 6.35             | 0.40         |
| Frizzone | 20        | 16.40             | 8.28             | 11.12            |                  | 11.18            | 0.000635            | 1.09              | 15.05             | 7.40             | 0.24         |
| Frizzone | 19        | 8.40              | 8.23             | 9.71             | 8.93             | 9.78             | 0.001354            | 1.16              | 7.22              | 5.00             | 0.31         |
| Frizzone | 19        | 13.10             | 8.23             | 10.19            | 9.15             | 10.29            | 0.001473            | 1.36              | 9.63              | 5.00             | 0.31         |
| Frizzone | 19        | 16.40             | 8.23             | 11.09            | 9.29             | 11.16            | 0.000828            | 1.16              | 14.10             | 5.00             | 0.22         |
| Frizzone | 18.5      | Bridge            |                  |                  |                  |                  |                     |                   |                   |                  |              |
| Frizzone | 18        | 8.40              | 8.18             | 9.68             |                  | 9.75             | 0.001224            | 1.12              | 7.51              | 5.00             | 0.29         |
| Frizzone | 18        | 13.10             | 8.18             | 10.16            |                  | 10.25            | 0.001378            | 1.32              | 9.90              | 5.00             | 0.30         |
| Frizzone | 18        | 16.40             | 8.18             | 10.98            |                  | 11.05            | 0.000850            | 1.17              | 14.02             | 5.00             | 0.22         |
| Frizzone | 17        | 8.40              | 7.85             | 9.61             |                  | 9.69             | 0.001568            | 1.25              | 6.71              | 5.79             | 0.37         |
| Frizzone | 17        | 13.10             | 7.85             | 10.10            |                  | 10.19            | 0.001463            | 1.30              | 10.06             | 8.02             | 0.37         |
| Frizzone | 17        | 16.40             | 7.85             | 10.98            |                  | 11.02            | 0.000379            | 0.87              | 19.63             | 11.36            | 0.20         |
| Frizzone | 16        | 8.40              | 8.01             | 9.46             | 8.91             | 9.60             | 0.003347            | 1.66              | 5.07              | 3.80             | 0.46         |
| Frizzone | 16        | 13.10             | 8.01             | 9.90             | 9.19             | 10.10            | 0.003697            | 1.93              | 6.77              | 3.80             | 0.46         |
| Frizzone | 16        | 16.40             | 8.01             | 10.86            | 9.36             | 10.98            | 0.001897            | 1.58              | 10.39             | 3.80             | 0.30         |
| Frizzone | 15.5      | Bridge            |                  |                  |                  |                  |                     |                   |                   |                  |              |
| Frizzone | 15        | 8.40              | 7.96             | 9.50             |                  | 9.56             | 0.001175            | 1.11              | 7.58              | 5.89             | 0.31         |
| Frizzone | 15        | 13.10             | 7.96             | 9.97             |                  | 10.05            | 0.001160            | 1.25              | 10.47             | 6.30             | 0.31         |
| Frizzone | 15        | 16.40             | 7.96             | 10.66            |                  | 10.72            | 0.000690            | 1.11              | 14.82             | 6.30             | 0.23         |
| Frizzone | 14        | 8.40              | 7.90             | 9.46             |                  | 9.54             | 0.001462            | 1.23              | 6.82              | 5.89             | 0.37         |
| Frizzone | 14        | 13.10             | 7.90             | 9.94             |                  | 10.03            | 0.001358            | 1.32              | 9.90              | 7.23             | 0.36         |
| Frizzone | 14        | 16.40             | 7.90             | 10.66            |                  | 10.71            | 0.000628            | 1.02              | 16.15             | 10.07            | 0.26         |
| Frizzone | 13        | 8.40              | 7.64             | 9.33             |                  | 9.37             | 0.000600            | 0.88              | 9.54              | 6.57             | 0.23         |
| Frizzone | 13        | 13.10             | 7.64             | 9.82             |                  | 9.87             | 0.000695            | 1.00              | 13.15             | 8.64             | 0.26         |

HEC-RAS Plan: intermedio River: Frizzone Reach: Frizzone (Continued)

| Reach    | River Sta | Q Total<br>(m3/s) | Min Ch El<br>(m) | W.S. Elev<br>(m) | Crit W.S.<br>(m) | E.G. Elev<br>(m) | E.G. Slope<br>(m/m) | Vel Chnl<br>(m/s) | Flow Area<br>(m2) | Top Width<br>(m) | Froude # Chl |
|----------|-----------|-------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|---------------------|-------------------|-------------------|------------------|--------------|
| Frizzone | 13        | 16.40             | 7.64             | 10.60            |                  | 10.63            | 0.000285            | 0.75              | 23.09             | 22.94            | 0.18         |
| Frizzone | 12        | 8.40              | 7.41             | 9.05             | 8.52             | 9.22             | 0.003742            | 1.79              | 4.68              | 3.51             | 0.50         |
| Frizzone | 12        | 13.10             | 7.41             | 9.49             | 8.83             | 9.71             | 0.004223            | 2.10              | 6.25              | 3.68             | 0.51         |
| Frizzone | 12        | 16.40             | 7.41             | 10.42            | 9.02             | 10.56            | 0.002045            | 1.67              | 9.83              | 4.00             | 0.34         |
| Frizzone | 11.5      | Bridge            |                  |                  |                  |                  |                     |                   |                   |                  |              |
| Frizzone | 11        | 8.40              | 7.41             | 9.02             |                  | 9.19             | 0.004008            | 1.84              | 4.56              | 3.49             | 0.51         |
| Frizzone | 11        | 13.10             | 7.41             | 9.42             |                  | 9.66             | 0.004713            | 2.19              | 5.99              | 3.65             | 0.54         |
| Frizzone | 11        | 16.40             | 7.41             | 9.68             |                  | 9.96             | 0.005002            | 2.36              | 6.95              | 3.76             | 0.55         |
| Frizzone | 10        | 8.40              | 7.33             | 8.99             |                  | 9.05             | 0.000899            | 1.04              | 8.12              | 6.11             | 0.29         |
| Frizzone | 10        | 13.10             | 7.33             | 9.43             |                  | 9.50             | 0.000990            | 1.20              | 10.93             | 6.97             | 0.31         |
| Frizzone | 10        | 16.40             | 7.33             | 9.71             |                  | 9.79             | 0.000987            | 1.26              | 12.99             | 7.61             | 0.31         |
| Frizzone | 9         | 8.40              | 7.44             | 8.73             | 8.41             | 8.92             | 0.004554            | 1.89              | 4.44              | 4.32             | 0.60         |
| Frizzone | 9         | 13.10             | 7.44             | 9.15             | 8.68             | 9.37             | 0.004163            | 2.08              | 6.30              | 4.64             | 0.57         |
| Frizzone | 9         | 16.40             | 7.44             | 9.43             | 8.84             | 9.67             | 0.003863            | 2.15              | 7.64              | 4.85             | 0.55         |
| Frizzone | 8.5       | Bridge            |                  |                  |                  |                  |                     |                   |                   |                  |              |
| Frizzone | 8         | 8.40              | 7.41             | 8.69             |                  | 8.88             | 0.004708            | 1.91              | 4.39              | 4.31             | 0.61         |
| Frizzone | 8         | 13.10             | 7.41             | 9.08             |                  | 9.32             | 0.004476            | 2.13              | 6.14              | 4.60             | 0.59         |
| Frizzone | 8         | 16.40             | 7.41             | 9.33             |                  | 9.58             | 0.004407            | 2.25              | 7.28              | 4.78             | 0.58         |
| Frizzone | 7         | 8.40              | 7.11             | 8.65             |                  | 8.71             | 0.001187            | 1.10              | 7.62              | 7.05             | 0.34         |
| Frizzone | 7         | 13.10             | 7.11             | 9.08             |                  | 9.15             | 0.001099            | 1.21              | 10.86             | 8.11             | 0.33         |
| Frizzone | 7         | 16.40             | 7.11             | 9.34             |                  | 9.42             | 0.001051            | 1.25              | 13.07             | 8.85             | 0.33         |
| Frizzone | 6         | 8.40              | 6.99             | 8.27             | 8.01             | 8.49             | 0.006980            | 2.09              | 4.01              | 3.87             | 0.66         |
| Frizzone | 6         | 13.10             | 6.99             | 8.67             | 8.28             | 8.95             | 0.006740            | 2.36              | 5.56              | 3.92             | 0.63         |
| Frizzone | 6         | 16.40             | 6.99             | 8.88             | 8.45             | 9.22             | 0.007092            | 2.55              | 6.42              | 3.94             | 0.64         |
| Frizzone | 5.5       | Bridge            |                  |                  |                  |                  |                     |                   |                   |                  |              |
| Frizzone | 5         | 8.40              | 6.99             | 8.34             | 7.74             | 8.40             | 0.001430            | 1.08              | 7.76              | 7.66             | 0.34         |
| Frizzone | 5         | 13.10             | 6.99             | 8.75             | 8.00             | 8.82             | 0.001258            | 1.21              | 10.87             | 7.71             | 0.32         |
| Frizzone | 5         | 16.40             | 6.99             | 8.96             | 8.11             | 9.05             | 0.001298            | 1.31              | 12.52             | 7.73             | 0.33         |
| Frizzone | 4.5       | Bridge            |                  |                  |                  |                  |                     |                   |                   |                  |              |
| Frizzone | 4         | 8.40              | 6.99             | 8.33             |                  | 8.39             | 0.001135            | 1.04              | 8.11              | 7.66             | 0.32         |
| Frizzone | 4         | 13.10             | 6.99             | 8.74             |                  | 8.81             | 0.000938            | 1.17              | 11.23             | 7.71             | 0.31         |
| Frizzone | 4         | 16.40             | 6.99             | 8.95             |                  | 9.04             | 0.000936            | 1.28              | 12.88             | 7.73             | 0.31         |
| Frizzone | 3         | 8.40              | 6.76             | 8.24             |                  | 8.38             | 0.003050            | 1.63              | 5.16              | 4.16             | 0.47         |
| Frizzone | 3         | 13.10             | 6.76             | 8.60             |                  | 8.79             | 0.003640            | 1.96              | 6.70              | 4.46             | 0.51         |
| Frizzone | 3         | 16.40             | 6.76             | 8.77             |                  | 9.02             | 0.004233            | 2.19              | 7.49              | 4.60             | 0.55         |
| Frizzone | 2         | 8.40              | 6.75             | 8.22             |                  | 8.33             | 0.002463            | 1.47              | 5.70              | 5.29             | 0.45         |
| Frizzone | 2         | 13.10             | 6.75             | 8.59             |                  | 8.73             | 0.002582            | 1.67              | 7.86              | 6.26             | 0.47         |
| Frizzone | 2         | 16.40             | 6.75             | 8.78             |                  | 8.94             | 0.002777            | 1.81              | 9.07              | 6.75             | 0.50         |
| Frizzone | 1         | 8.40              | 6.26             | 8.22             | 7.40             | 8.27             | 0.001001            | 0.99              | 8.52              | 8.44             | 0.31         |
| Frizzone | 1         | 13.10             | 6.26             | 8.61             | 7.67             | 8.67             | 0.001000            | 1.06              | 12.33             | 11.07            | 0.32         |
| Frizzone | 1         | 16.40             | 6.26             | 8.81             | 7.83             | 8.88             | 0.001001            | 1.12              | 14.62             | 12.11            | 0.33         |

## **ALLEGATO 5: RISULTATI SIMULAZIONI 2D OZZORETTO – POST OPERAM – ALTERNATIVA 1**

## Allegato 5

Alternativa 1 – scenario post operam – analisi 2D con inserimento volume di invaso

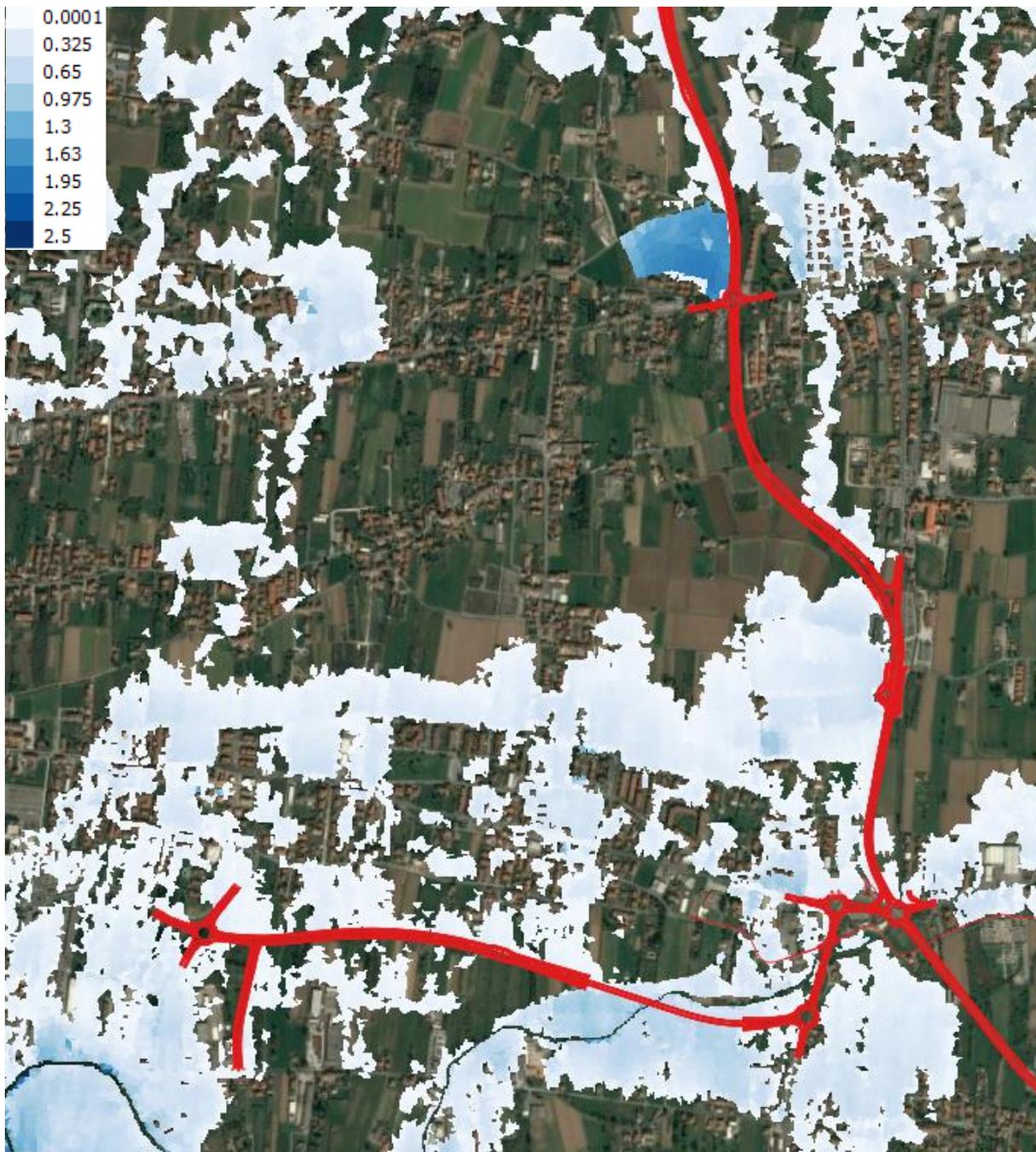


Figura 1. Tiranti idrici (m) relativi al bacino dell'Ozzoretto nella configurazione di progetto per  $Tr=200$  anni con l'inserimento dell'invaso a monte della rotatoria di via Pesciatina

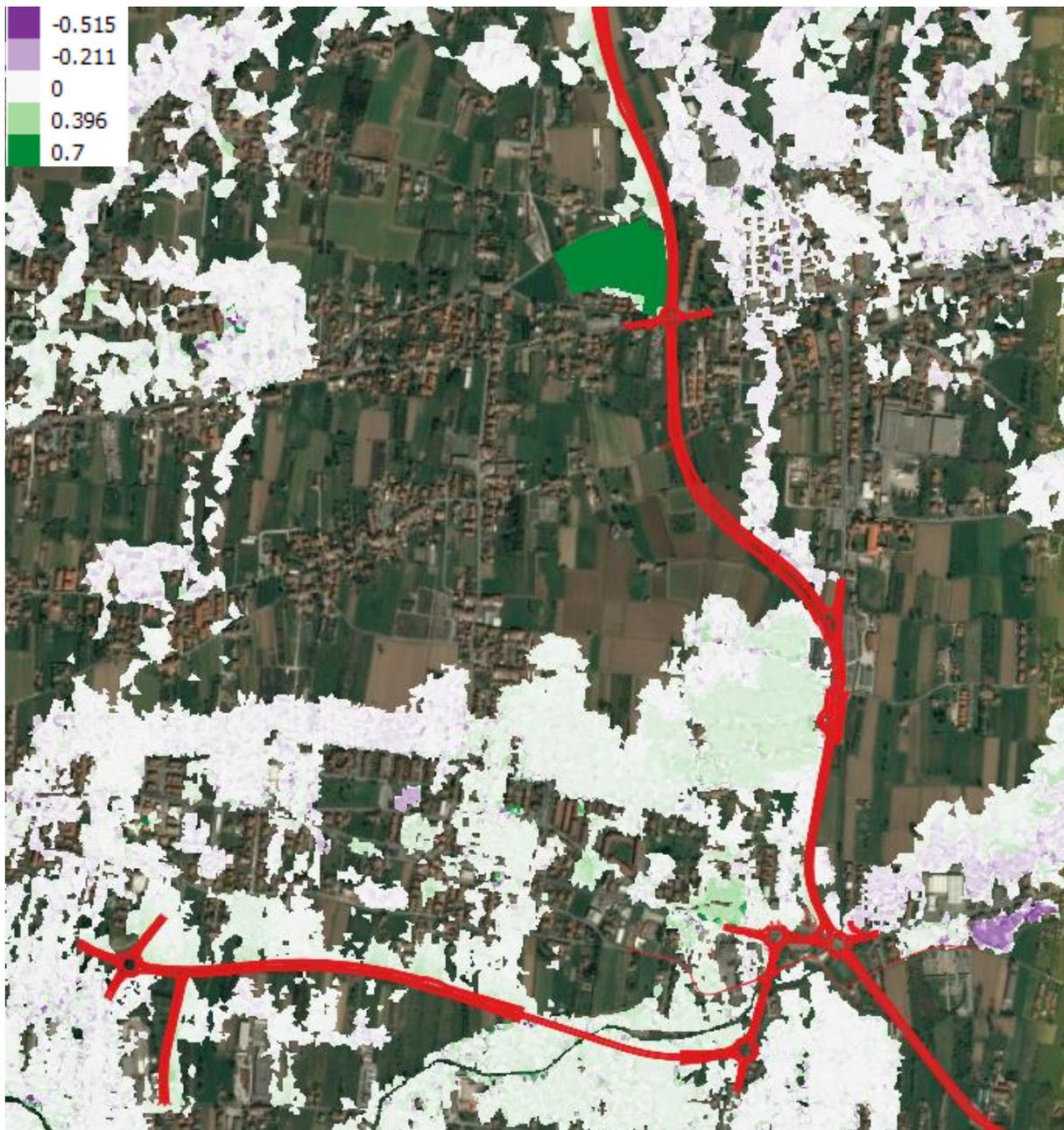


Figura 2. Differenza tra i tiranti idrici (m) relativi al bacino dell'Ozzoretto per  $T_r=200$  anni nella configurazione di progetto con invaso e in quella attuale. In verde differenze positive ( $h_{\text{progetto}} > h_{\text{attuale}}$ ), in violetto differenze negative ( $h_{\text{progetto}} < h_{\text{attuale}}$ )

## **ALLEGATO 6: DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA**

## CANALE OZZORETTO



Ponte Sv. Antraccoli – monte



Ponte Sv. Antraccoli – valle (vista da via Francigena)



Ponte via Madonnina – monte



Ponte via Madonnina – monte



Ponte via Madonnina – monte



Ponte via Madonnina – valle

## RIO ARPINO



Attraversamento Rio Arpino – monte



Attraversamento Rio Arpino – monte



Attraversamento Rio Arpino sotto S.P. Romana – monte



Attraversamento Rio Arpino sotto S.P. Romana – valle

## RIO DEL FRIZZONE



Attraversamento Rio del Frizzone S.P. Romana – monte



Attraversamento Rio del Frizzone S.P. Romana – valle



Attraversamento Rio del Frizzone sotto Strada del Frizzone – vista da monte



**Attraversamento Rio del Frizzone sotto Strada del Frizzone – vista valle**



Rio del Frizzone – a monte della ferrovia LU-PI



Rio del Frizzone – a monte della ferrovia LU-PI



Rio del Frizzone – ponte ferrovia LU-PI lato monte

## CANALE PONTECANALE



**Canale Pontecanale (interf. Rotatoria SS12) – vista monte**



**Canale Pontecanale (interf. Rotatoria SS12) – vista valle**

## CANALE FANUCCIO



Canale Fanuccio - via del Montescendi



Canale Fanuccio - via del Montescendi



Canale Fanuccio – attraversamento